



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

VRIN | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EFFECTIVIDAD DE LOS LODOS COMO FERTILIZANTE DE LA ESPECIE  
*RAPHANUS SATIVUS* EN LA PERFORACIÓN DEL PROYECTO DE EXPLORACIÓN  
CAÑÓN FLORIDA, AMAZONAS - 2021

Línea de Investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales, Biorremediación

Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Ambiental

Autora

Aguilar Mas, Vanesa Mercedes

Asesor

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

ORCID 0000-0002-0750-2877

Jurado

Mendoza García, José Tomas

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

Aylas Humareda, María Del Carmen

Lima-Perú, 2022

## Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a mi familia, mis padres Magna y Amadeo por su amor su paciencia y sus palabras para continuar en el proceso del aprendizaje y mejorar cada día, a mi hermana Jushely quien siempre me ha brindado la confianza y su apoyo para todos los proyectos que se presentan en mi vida. A mi papa viejo Amadeo quien con su ejemplo me enseñó la importancia de seguir nuestros sueños.

## Agradecimiento

Gracias a la universidad Federico Villarreal por permitirme ser parte de sus alumnos, gracias a todos los docentes de FIGAE por brindarme sus conocimientos para desempeñarme en esta vida profesional, gracias a mis padres quienes siempre escucharon mis deseos de donde y que estudiar y gracias a Dios por siempre estar a mi lado guiando mis pasos.

Gracias a todas las personas que hicieron posible esta investigación en especial a Juan Diego Cucho a Patsy Quinte y Julio Cordova

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	15
1.1	Descripción y formulación del problema.....	18
1.1.1	Descripción del problema .....	18
1.1.2	Formulación del problema .....	19
1.2	Antecedentes.....	20
1.2.1	Nacionales .....	20
1.2.2	Internacionales.....	22
1.3	Objetivos .....	25
1.3.1	Objetivo General.....	25
1.3.2	Objetivos Específicos.....	25
1.4	Justificación.....	25
1.4.1	Teórica .....	25
1.4.2	Metodológica.....	26
1.4.3	Practica.....	26
1.5	Hipótesis.....	26
II.	MARCO TEÓRICO.....	27
2.1	Bases teóricas .....	27
2.1.1	Suelo. ....	27
2.1.1.1	Componentes inorgánicos .....	28
2.1.1.2	Componentes orgánicos. ....	30

2.1.1.3	El suelo como depurador.....	30
2.1.2	Contaminación de suelos .....	32
2.1.3	Estándares nacionales de calidad del suelo .....	33
2.1.4	Producción minera .....	33
2.1.5	Etapas de la minería .....	34
2.1.6	Exploración minera.....	35
2.1.6.1	Etapas de la exploración minera.....	37
2.1.7	Origen y características de los lodos.....	40
2.1.8	Condiciones físicas y químicas de los lodos. ....	41
2.1.8.1	Condiciones físicas. ....	41
2.1.8.2	Condiciones químicas .....	42
2.1.9	Lodos de perforación generados por la actividad minera. ....	43
2.1.9.1	Lodos de perforación diamantina. ....	43
2.1.10	Contaminación del suelo por lodo.....	44
2.1.10.1	Contaminación puntual .....	44
2.1.10.2	Contaminación difusa .....	45
2.1.10.3	La generación de lodos por eliminación de desechos y aguas residuales.	
	46	
2.1.10.4	Metales pesados y metaloide.....	46
2.1.11	Fertilizantes .....	47

2.1.11.1	Definición.....	47
2.1.11.2	Aprovechamiento de los fertilizantes .....	47
2.1.11.3	Expresión del contenido nutricional. ....	48
2.1.11.4	Tipos de fertilizantes.....	48
2.1.12	Raphanus sativus .....	51
2.1.12.1	Clasificación taxonómica .....	51
2.1.12.2	Suelo para cultivo de rabanito .....	52
2.1.12.3	Clima favorable para el cultivo del rabanito .....	52
2.2	Marco Conceptual.....	52
2.2.1	Perforación con diamantina en la etapa de exploración minera .....	52
2.2.2	Aprovechamiento de lodos.....	53
2.2.3	La acción de los metales en el Raphanus Sativus.....	54
2.3	Marco legal.....	55
III.	MÉTODO .....	59
3.1	Tipo de investigación.....	59
3.2	Ámbito temporal y Espacial .....	59
3.2.1	Ámbito temporal.....	59
3.2.2	Ámbito espacial .....	59
3.3	Variables .....	61
3.3.1	Variable independiente .....	61

3.3.2	Variable dependiente .....	61
3.3.3	Operacionalización de variables.....	62
3.4	Población y muestra.....	63
3.4.1	Población.....	63
3.4.2	Muestra.....	64
3.5	Instrumentos .....	65
3.5.1	Validación del instrumento: Juicio de expertos .....	65
3.6	Procedimientos .....	67
3.6.1	Etapas de campo .....	67
3.6.1.1	Pre-campo .....	67
3.6.1.2	Campo.....	67
3.6.1.3	Post-campo .....	68
3.6.2	Descripción del proceso de generación de lodos y su contaminación al ambiente.....	69
3.6.2.1	Manejo y disposición final de los lodos de perforación .....	69
3.6.3	Determinación de las condiciones físicas y químicas de los lodos .....	70
3.6.4	Determinación de la utilidad de lodos .....	71
3.7	Análisis de datos.....	72
3.8	Consideraciones éticas .....	73
IV.	RESULTADOS.....	74

4.1	Proceso de generación de lodos y su contaminación al ambiente. ....	74
4.2	Condiciones físicas y químicas de los lodos .....	75
4.2.1	Suelos Lithic Udorthens .....	77
4.3	Utilidad de los lodos, como fertilizante del rabanito .....	78
4.3.1	Resultados del instrumento de investigación .....	82
4.3.1.1	Usted conoce los diferentes tratamientos de agua para posterior uso del regado de cultivos.....	82
4.3.1.2	Usted consumiría alimentos provenientes de regado de aguas por tratamientos.....	82
4.3.1.3	Cree que la exploración minera genera contaminación ambiental. ....	83
4.3.1.4	Cuál de los procesos de la exploración minera cree usted que perjudica al medio ambiente. ....	84
4.3.1.5	Sabe usted que son los lodos de perforación.....	85
4.3.1.6	Cree Usted que los lodos pueden ser utilizados de forma benéfica .....	85
4.3.1.7	Cree Usted que los lodos de perforación pueden ser usados para: .....	86
4.3.1.8	Usaría usted los lodos de perforación como fertilizantes para algún tipo de cultivo	87
4.3.1.9	Si se le demuestra que los lodos producto de la actividad minera no son contaminantes Usted los usaría como fertilizante en: .....	88
4.3.1.10	Consumiría Usted productos alimenticios que son provenientes del uso de lodos	88



V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	90
VI. CONCLUSIONES .....	92
VII. RECOMENDACIONES.....	94
VIII. REFERENCIAS .....	96
IX. ANEXOS .....	100

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 <i>Algunas propiedades generales de las tres mayores clases de tamaño de las partículas inorgánicas del suelo</i> .....	29
Tabla 2 <i>Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo - Perú</i> .....	33
Tabla 3 <i>Ubicación geoespacial del área de estudio</i> .....	59
Tabla 4 <i>Plataformas del área de estudio</i> .....	63
Tabla 5 <i>Plataformas seleccionadas para la muestra</i> .....	65
Tabla 6 <i>Ubicación de las plataformas</i> .....	71
Tabla 7 <i>Análisis del nitrógeno</i> .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Etapas de la actividad minera .....	34
Figura 2 Etapas de la exploración minera .....	38
Figura 3 Etapas del proceso de perforación con diamantina .....	53
Figura 4 Ubicación del área de estudio .....	60
Figura 5 Ficha de encuesta .....	66
Figura 6 Diagrama de plataforma de exploración .....	70
Figura 7 Flujoograma de control de fluidos de perforación .....	74
Figura 8 Resultados de la prueba de las tres muestras de rabanito muestra 0, muestra 1 y muestra 2.1 .....	78
Figura 9 Conoce los diferentes tratamientos de agua para posterior uso del regadío de cultivos .....	82
Figura 10 Consumiría alimentos provenientes de regado de aguas por tratamientos.....	83
Figura 11 Cree que la exploración minera genera contaminación ambiental .....	83
Figura 12 Cuál de los procesos de la exploración minera cree usted que perjudica al medio ambiente .....	84
Figura 13 Sabe usted que son los lodos de perforación .....	85
Figura 14 Cree Usted que los lodos pueden ser utilizados de forma benéfica .....	85
Figura 15 Cree Usted que los lodos de perforación pueden ser usados para .....	86
Figura 16 Usaría usted los lodos de perforación como fertilizantes para algún tipo de cultivo .....	87
Figura 17 Si se le demuestra que los lodos producto de la actividad minera no son contaminantes Usted los usaría como fertilizante .....	88

Figura 18 Consumiría Usted productos alimenticios que son provenientes del uso de lodos .....	89
Figura 19 Sembrado de rabanito en las muestras, la muestra 2 solo es bentonita .....	101
Figura 20 Seguimiento al crecimiento de los rabanitos, la muestra de suelo orgánico el crecimiento es más lento .....	101
Figura 21 Seguimiento al crecimiento de rabanito, la muestra 1 tiende a crecer más rápido en comparación de las otras dos, siendo la muestra 0 de suelo orgánico más lento .....	102
Figura 22 Muestra 1 maduración más rápida, hojas amarillas .....	102
Figura 23 Rabanito de la muestra 0 .....	103
Figura 24 Rabanito de la muestra 1.1 .....	103
Figura 25 Rabanito de la muestra 1.2 .....	103
Figura 26 Muestra de Rabanito con picadura de insectos (de izquierda a derecha muestra 0 con mayor picadura de insectos, muestra 1.2 con menor picadura y muestra 1.1 sin picadura de insectos .....	104
Figura 27 Muestra con fruto del rabanito .....	104
Figura 28 Análisis de las muestras por la tesista Bach. Vanesa Aguilar .....	105

## Resumen

La presente investigación tuvo como **objetivo** poner en práctica el uso de los lodos generados de las exploraciones mineras, como un abono. **Método:** las pruebas de los rabanitos fueron analizados: tierra orgánica o testigo (muestra 0), mezcla de tierra orgánica con lodos 1:1 (muestra 1) y mezcla de tierra orgánica con lodos 2:1 (muestra 2.1). **Resultados:** la muestra 1 tiene mayor cantidad de cenizas, en grasas la muestra 1 presenta los valores menores, en proteínas la muestra 0 obtuvo la mayor cantidad, en calcio, hierro y potasio la muestra 1 presento las mayores cantidades, y sodio la muestra 0 obtuvo los mayores resultados. El análisis de las condiciones físicas y químicas del suelo se hicieron por laboratorio considerando los principales componentes como Calcio, Cobre, Hierro, etc., el tipo de suelo del área de estudio fue Lithic Udorthens. **Conclusión:** los mejores resultados son de la muestra 1, con respecto a sus propiedades químicas (potasio, calcio y hierro) que son esenciales para el organismo humano, con respecto a la generación de contaminación por lodos al ambiente podemos manifestar que estos son controlados, ya que el lodo es producto de la mezcla de agua con la corteza terrestre y algunos aditivos, dichos lodos son almacenados en costales y tratados para su almacenamiento oportuno. Respecto al tipo de suelo, presenta perfiles sin desarrollo genético, bajo en fósforo y potasio, siendo aptas para protección, en ese sentido podemos manifestar que los lodos les darán el soporte químico a dichos suelos para mejorar su aptitud agrícola.

*Palabra Clave:* lodos, fertilizantes, *Raphanus sativus*, rabanito.

### **Abstract**

The objective of this investigation was to put into practice the use of sludge generated from mining explorations, as a fertilizer. Method: the radish tests were analyzed: organic soil or control (sample 0), mixture of organic soil with sludge 1:1 (sample 1) and mixture of organic soil with sludge 2:1 (sample 2.1). Results: sample 1 has the highest amount of ash, in fats sample 1 presents the lowest values, in proteins sample 0 obtained the highest amount, in calcium, iron and potassium sample 1 presented the highest amounts, and sodium sample 0 got the best results. The analysis of the physical and chemical conditions of the soil were made by laboratory considering the main components such as Calcium, Copper, Iron, etc. the type of soil in the study area was Lithic Udorthens. Conclusion: the best results are from sample 1, with respect to its chemical properties (potassium, calcium and iron) that are essential for the human organism, with respect to the generation of sludge contamination in the environment we can state that these are controlled, Since the sludge is the product of mixing water with the earth's crust and some additives, said sludge is stored in sacks and treated for its timely storage. Regarding the type of soil, it presents profiles without genetic development, low in phosphorus and potassium, being suitable for protection, in this sense we can state that the sludge will give the chemical support to said soils to improve its agricultural suitability.

*Keywords:* sludge, fertilizers, *Raphanus sativus*, radish.

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que se tiene actualmente en las exploraciones mineras es la producción de lodo, el cual es producto de las perforaciones con corona de diamante a la corteza terrestre mezclado con agua y aditivos, estos lodos que son extraídos de este proceso son depositados en costales y apilados para su almacenamiento con el tratamiento adecuado de no generar contaminación.

La presente investigación que tiene por título “Efectividad de los lodos como fertilizante de la especie *raphanus sativus* en la perforación del proyecto de exploración Cañón Florida, Amazonas – 2021”, el cual se ubica políticamente en el distrito de Shipasbamba, en la provincia de Bongara, en la región de Amazonas; tiene como objetivo general determinar la efectividad de los lodos como fertilizante de la especie rabanito, en tal sentido se describe los siguientes capítulos de la presente investigación.

En el primer capítulo se hace una descripción y formulación del problema que originan los lodos al no ser tratados adecuadamente y cuál sería su efectividad como un fertilizante del suelo, para ello se ha puesto en práctica la siembra de la especie de rabanito y medir su efectividad, en este capítulo se hace referencia de los antecedentes nacionales e internacionales, los cuales son de utilidad para la discusión de los resultados conllevando a discutir sobre los procedimientos, métodos, resultados y/o ámbito de estudios; el objetivo general esta formulado por determinar la efectividad de los lodos como fertilizante de la especie *Raphanus sativus*, de la perforación del proyecto de exploración Cañón Florida, Amazonas – 2021, los objetivos específicos están en describir el proceso de la generación de lodos y su contaminación al ambiente, determinar las condiciones físicas y químicas de los lodos producto de la perforación diamantina y Determinar la utilidad de los lodos

producto de la perforación diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida, como fertilizantes de la especie rabanito; la justificación de la investigación esta descrita de forma teórica, metodológica y práctica, considerando la utilidad de los lodos y su respectivo análisis en los productos tratados con estas mezclas.

El segundo capítulo aborda el marco teórico, con sus bases teóricas, conceptuales y legales, se hace una descripción de los conceptos de las variables y de los procesos que se dan en la minera en la producción de los lodos, así mismo se hace una cita sobre el marco normativo en actividades de exploración minera y su impacto en nuestro país.

En el tercer capítulo trata del método, es una investigación cuantitativa no experimental, transversal y descriptiva, se desarrolla entre los años 2021 y 2022, en la Minera Cañón Florida de Nexa Resources Perú, la cual se ubica políticamente en el distrito de Shipasbamba, en la provincia de Bongara, en la región de Amazonas, presenta su variable independiente (efectividad de los lodos) y su variable dependiente (fertilizante de la especie *Raphanus Sativus*), la población y muestra está referida al número de las plataformas que tiene la empresa minera el cual es un total de 51 plataformas y para la muestra se utilizaron 6 plataformas, los procedimientos se detallan por cada objetivo logrando precisar el seguimiento que se realizó para la obtención de resultados, los datos fueron analizados con el programa Excel.

El cuarto capítulo de resultados se realiza por cada objetivo, se explica cómo se producen los lodos y cuál es su tratamiento para no contaminar el medio natural, los lodos son un producto de los trabajos de exploración de una combinación de agua, aditivos y suelos de la corteza terrestre, mediante un análisis de laboratorio físico y químico a los lodos producidos en la empresa minera, se obtienen resultados de los principales elementos químicos que



intervienen en la producción agrícola, así mismo se identifica el tipo de suelo, el cual es un suelo Lithic Udorthens, cuyas características son que presenta perfiles sin desarrollo genético incipiente, tipo ACR; sin horizonte; muy superficiales, limitados por conglomerados y cantos rodados; de color pardo oscuro; de textura gruesa, en los resultados de la utilidad de los lodos como fertilizante para el rabanito, se prepararon tres tipos de muestras; **muestra 0**). Tierra orgánica o testigo, **muestra 1**). mezcla de tierra orgánica con lodos 1:1; **muestra 2.1**). mezcla de 2 proporciones de tierra orgánica con una de lodo, teniendo como resultado que la muestra 1 tiene las mejores condiciones físicas y químicas.

En el quinto capítulo se hace una discusión de los resultados con los investigadores de los antecedentes, considerando a la vez la metodología, los procedimientos y lugar donde se elaboraron las investigaciones.

En el sexto capítulo de las conclusiones se concluye que la efectividad de los lodos como fertilizantes en la especie *Raphanus sativus* conocido comúnmente como rabanito, fueron óptimas en la muestra 1, que el proceso de generación de lodos estos no generan contaminación por escorrentía y percolación, en el análisis de las condiciones físicas y químicas del suelo, se determinaron por análisis de laboratorio, obteniéndose que los principales componentes minerales como Calcio (Ca), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Potasio (K), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Fósforo (P), Selenio (Se) y Zinc (Zn), han sido encontrados en las muestras de lodos y que la utilidad del lodo como fertilizante en la especie de rabanito, fue obtenida mediante la siembra de la especie rabanito en tres tipos de muestras, concluyendo que la muestra 1, presenta mejores condiciones químicas con respecto a los compuestos que componen el rabanito como Calcio, hierro y potasio.

Así mismo la investigación presenta los capítulos de recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

## **1.1 Descripción y formulación del problema**

### ***1.1.1 Descripción del problema***

El Perú está posicionado como el segundo país productor de plata (Ag), cobre (Cu) y zinc (Zn) a nivel mundial, asimismo, es el primero en producir oro (Au), zinc (Zn), estaño (Sn), plomo (Pb) y molibdeno (Mo), a nivel de América Latina, siendo catalogado como país minero (Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2020)

En este extenso proceso que se da para la extracción de los minerales, es fundamental poder identificar y reconocer el yacimiento mineral, razón que sucede durante la etapa de exploración minera, la cual consiste en la perforación del suelo con corona de diamante o también llamada diamantina, para poder identificar los minerales en dicho suelo, durante esta perforación se produce los llamados lodos, los cuales a menudo son extraídos para posteriormente ser enterrados nuevamente, su aprovechamiento durante estas fases es prácticamente nulo (Prieto et al., 2009).

El lodo que se produce en la perforación con diamantina durante la etapa de la exploración minera puede ser reutilizado para el cultivo (Rueda, 2008), existen países europeos donde este procesamiento se da de forma más continua para la siembra de arroz, cebolla, beterraga y rabanito mostrando potencialidad en la siembra de dichos frutos (Prieto et al, 2009)

En el área de estudio el problema radica que los lodos producto de la perforación de cada plataforma son captados en un sistema de tratamientos de lodos los cuales son derivados

en dos pozas de sedimentación que están ubicadas en cada plataforma y cuyas pozas cumplen con los estándares de almacenamiento (aislamiento, impermeabilizadas, geomembrana, etc.), con el fin de no generar contacto con algún curso de agua ni filtraciones que generen problemas de contaminación, sin embargo, al ser lodos tratados con aditivos como la bentonita que genera un reforzamiento con la acción de fungicida o como sinergizante, para el uso agrícola, se desperdicia al ser enterrado.

En tal sentido la presente investigación presenta una alternativa sobre la efectividad que tendrían estos lodos como fertilizantes específicamente sobre la especie de rabanito, generando un uso adecuado de los miles de toneladas de lodos que se generan en nuestro país y sobre todo de que la empresa minera de un soporte a la agricultura del Perú.

### ***1.1.2 Formulación del problema***

Problema general

¿Cuál será la efectividad de los lodos como fertilizante en la especie *Raphanus sativus*, de la perforación del proyecto de exploración Cañón Florida, Amazonas – 2021?

Problema específico

- ¿Cuál es el proceso de la generación de lodos y su contaminación al ambiente, producidos por la perforación diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida de Nexa Resources Perú, Amazonas – 2021?
- ¿Cuáles son las condiciones físicas y químicas de los lodos producto de la perforación diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida de Nexa Resources Perú, Amazonas – 2021?

- ¿Cómo podrá ser utilizado los lodos generados por la perforación de diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida de Nexa Resources Perú, Amazonas – 2021?

## **1.2 Antecedentes**

### **1.2.1 Nacionales**

Ticlla (2021) realizó una investigación titulada “Biodegradación de compuestos orgánicos presentes en lodos de perforación diamantina mediante el proceso de compostaje”, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la biodegradación de compuestos orgánicos presentes en lodos de perforación diamantina, como la fracción de hidrocarburos F3, generados en un proyecto de exploración minera, aplicando el proceso de compostaje. En ese sentido, la investigación es de tipo aplicada con diseño experimental. No obstante, en el laboratorio, se compostaron tres mezclas, en diferentes proporciones de peso a peso, de compost y lodos de perforación diamantina, previa caracterización, por un periodo de 92 días; donde se realizaron diferentes controles y análisis, evaluando parámetros como la fracción de hidrocarburos F3, humedad, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos disueltos totales, Temperatura Ambiente (TA) y de las mezclas, plomo (Pb) y zinc (Zn). Los resultados, indicaron que la biodegradación de la fracción de hidrocarburos F3 fue satisfactoria en todas las mezclas; sin embargo, la mezcla LCA (1:0.5) fue más eficiente llegando a 26.13 %, seguida de LCB (1:1) con 16.47 % y por último LCC (1:2) con 10.69 %. Concluyendo que la biodegradación de compuestos orgánicos, como la fracción de hidrocarburos F3, es posible mediante el proceso de compostaje; en consecuencia, podría ser aplicado en proyectos de exploración minera como alternativa sostenible para tratar y disponer adecuadamente los lodos de perforación diamantina.

Para Bautista (2019) quien realizó la tesis titulada “Toxicidad de lodos de perforación minera en el Bioindicador *Porcellio laevis*”, en la presente tesis se evaluó la toxicidad de los lodos de perforación minera en el bioindicador *Porcellio laevis* (Latreille, 1804) en periodos de 24, 48 y 72 horas de exposición, considerando los tratamientos para la muestra A de  $0,07 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $0,14 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$  y  $0,27 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ , mientras que para la muestra B y C fue de  $0,1 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $0,2 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$  y  $0,4 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$ , representados por el lodo de perforación, la fase suspendida del lodo de perforación y el fluidos de perforación respectivamente, en los cuales no se observó un efecto letal significativo en el isópodo terrestre, la concentración letal media (CL50) no se determinó porque no se encontró una relación entre las concentraciones y la mortalidad. Por otro lado, en las pruebas de evasión se observó que hubo atracción por la tierra con lodo en comparación con el control; ello indicaría que el *Porcellio laevis* no presentó evasión del suelo contaminado.

Calderón de la Cruz (2018) realizó una investigación titulada “Análisis comparativo y propuesta de aprovechamiento de los lodos residuales provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de SEDAPAL”, El objetivo principal, es determinar las características de los lodos residuales de cinco plantas de tratamiento de SEDAPAL (Santa Clara, San Antonio de Carapongo, Carapongo, Manchay y San Bartolo Sur), de los años 2013 y 2015; mediante un análisis comparativo de un marco normativo internacional, a fin de evaluar su aprovechamiento. Siendo los objetivos secundarios describir los procesos operativos, para conocer su proceso de tratamiento; determinar la composición fisicoquímica y biológica, y finalmente determinar la clase de lodo residual. Primero se recopilaron y evaluaron los resultados de los monitoreos físicos, químicos y biológicos de los lodos residuales; lo cual implica conocer normativas extranjeras (Brasil, Europa y Chile), para

luego poder comparar y realizar una evaluación de los resultados. Una vez de comparar los resultados, se evaluó las características de los lodos residuales; proponiendo la utilización de estos como mejoradores de suelo. También se planteó la propuesta de reaprovechamiento de los lodos residuales, mediante biodigestores; para así obtener un lodo residual de mejores condiciones, de forma que pueda ser aplicado al suelo sin restricciones. El resultado más resaltante que se obtuvo del análisis de composición fisicoquímica y biológica, es el tipo de clase de los lodos (véase Tabla N° 48); donde se aprecia que para el año 2015, cuatro PTARs clasifican como categoría A y B; siendo estas San Antonio de Carapongo, Carapongo, San Bartolo Sur y Manchay, para el año 2013 ninguna clasificaba como categoría A y B, por la presencia de metales pesados, salmonella y en algunos huevos de helminto.

### **1.2.2 Internacionales**

Marín (2019) realizó un proyecto integral de grado titulado “Propuesta de aprovechamiento de lodos residuales provenientes de una PTAR, del Municipio de Sopó Cundinamarca para la producción de un fertilizante órgano-mineral”, el proyecto se enfocó en el desarrollo de una propuesta de producción de un fertilizante órgano - mineral, a partir de los lodos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Sopó, Cundinamarca; con el fin de aprovechar su potencial en nutrientes agronómicos y mitigar las emisiones de gases efecto invernadero que ocasionan al disponerse en un relleno sanitario. Esto se realizó por medio de un proceso de compostaje aerobio y su posterior combinación con minerales tipo N-P-K. Para el desarrollo de este proyecto, se realizó una caracterización fisicoquímica y microbiológica de los lodos residuales, teniendo en cuenta los parámetros principales según la NTC 516719, para su posterior clasificación y tratamiento. Una vez obtenidos los resultados de los análisis realizados en un laboratorio

externo, se establecieron como materiales de soporte, el papel periódico y podas de césped. Se definieron las alternativas y criterios más influyentes en el proceso por medio de una matriz de selección PUGH, en donde se concretó emplear el sistema de compostaje correspondiente a reactor horizontal con volteo, en el cual se realizaron dos réplicas para estimar la representatividad de datos. Los tres reactores fueron cargados con la misma mezcla de materiales en porcentajes: 60% lodo (32,95 kg), 39% poda de césped (8,03 kg) y 1% papel periódico (0,23 kg); logrando una relación C/N de 23,75 y un porcentaje de humedad de 58,85% al inicio del compostaje. Con la puesta en marcha del proceso, se realizó un seguimiento durante 40 días de las variables: temperatura, pH, humedad y cenizas. Una vez terminado este ciclo, se procedió a caracterizar la mezcla transformada en abono orgánico, y a introducir minerales procedentes de roca fosfórica, urea y cloruro de potasio, obteniendo un fertilizante órgano mineral. Los análisis obtenidos mostraron resultados de parámetros fisicoquímicos positivos: relación de C/N igual a 9,73, cenizas 55,66%, y un pH de 7,4 caso contrario en análisis microbiológicos, debido a la multiplicación de microorganismos patógenos (coliformes totales  $>1000 \times 10^4$ , coliformes fecales  $5 \times 10^5$  y *E.coli*  $1,1 \times 10^5$ ).

Ashqui y Cedeño (2018) realizaron un trabajo de titulación nombrado “Aprovechamiento de lodos de perforación generados por actividad minera en la Parroquia Palo Quemado provincia Cotopaxi para la elaboración de compost”, el propósito de esta investigación fue establecer la dosis adecuada para realizar compost para cultivo de ciclos corto, aprovechando los lodos de perforación de actividad minera, producidos en la Parroquia Palo Quemado Provincia Cotopaxi por la Empresa Kluane Drilling Ecuador S.A, para lo que se previó implementar un Diseño Completos al Azar (DCA) con arreglo factorial de tratamientos (A x B) en las mezclas de lodo y gallinaza respectivamente con tres repeticiones

por tratamiento. Los resultados de los objetivos indicaron inicialmente que los parámetros químicos del lodo como son los metales (cadmio y mercurio) no exceden los criterios de Remediación o Restauración de acuerdo al uso del suelo (agrícola, comercial, residencial e industrial). Se determinó que se puede elaborar compost orgánico, a partir del lodo generado en la fase de exploración de la minería de la Empresa Kluane Drilling Ecuador S.A.

Rincón y Garzón (2018) realizaron una investigación titulada “Propuesta para el manejo ambiental de los lodos resultantes de la explotación de areniscas en la vereda Modeca del municipio Corrales, Boyacá”, el siguiente proyecto consiste en realizar una propuesta para el manejo ambiental de lodos resultantes de la mina Bonanza ubicada en la Vereda Modeca Municipio de Corrales, Boyacá, ya que las medidas de manejo planteadas en este estudio, servirán como base para su implementación en diversas zonas de explotación del país, puesto que, según lo investigado el manejo se limita a la acumulación y almacenamiento de los lodos en depósitos abiertos. Este estudio se desarrolló diagnosticando las actividades de extracción de areniscas generadoras de lodos, seguido de la identificación y evaluación cuantitativa y cualitativa de los impactos ambientales ocasionados durante el manejo que actualmente se le da a este lodo residual. De acuerdo a las investigaciones realizadas de fuentes internacionales y nacionales, se plantearon 3 usos potenciales de aprovechamiento como materia prima para la fabricación de teja, ladrillo y baldosa, considerando sus características mineralógicas, químicas, físicas, mecánicas y térmicas. Se tomó una muestra compuesta del pozo de sedimentación de lodos y se analizaron las características presentes, determinando un uso potencial de aprovechamiento como materia prima en un 77.75% para la fabricación de ladrillo cerámico. Las medidas de manejo ambiental se determinaron a partir de la identificación y evaluación de los impactos ambientales ocasionados por los lodos en



los componentes agua, suelo y paisaje; de manera que se establecieron programas y medidas de manejo, con el fin de mitigar y controlar los impactos ocasionados por este material, detallado en fase 2 de la investigación.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo General***

Determinar la efectividad de los lodos como fertilizante de la especie *Raphanus sativus* (*Rabanito*), de la perforación del proyecto de exploración Cañón Florida, Amazonas – 2021

#### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- Describir el proceso de la generación de lodos y su contaminación al ambiente, generados por la perforación diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida de Nexa Resources Perú.
- Determinar las condiciones físicas y químicas de los lodos producto de la perforación diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida de Nexa Resources Perú, con el fin de plantear su remediación.
- Determinar la utilidad de los lodos producto de la perforación diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida, como fertilizantes de la especie *Raphanus sativus* (rabanito).

### **1.4 Justificación**

#### ***1.4.1 Teórica***

La perforación diamantina genera dos tipos de productos los “testigos” o material de información geológica, paralelamente se genera un residuo constituido por los cortes y lodos

de perforación que contienen agua, material fino y residuos de aditivos empleados durante la perforación, los cuales serán contenidos en las pozas de sedimentación sin ninguna utilidad, es por ello que la presente investigación amplía la teoría del uso de estos lodos como fertilizantes para la especie de *Raphanus sativus*.

#### **1.4.2 Metodológica**

Para lograr los objetivos de la investigación se elabora los instrumentos de medición de la variable “efectividad de los lodos como fertilizantes” y para la variable de la “especie *Raphanus sativus*”, esta medición será mediante ensayos de laboratorio de las muestras, para observar el desarrollo de la especie se pondrá en práctica el seguimiento y monitoreo de esta.

#### **1.4.3 Practica**

Los resultados del uso de los lodos como fertilizantes en la especie *Raphanus sativus* serán medidos en laboratorio con el fin de determinar las condiciones físicas y químicas de la especie y su utilidad como alimento, ya que es conocido por su alto yodo, potasio y vitamina C. En tal sentido la investigación determinara el método y la utilidad de la especie para ser utilizada en otras investigaciones en el desarrollo agrario y de actividades de sostenibilidad ante la producción de lodos

### **1.5 Hipótesis**

Ho = La efectividad del lodo de la perforación del proyecto de exploración Cañón Florida, es un alto fertilizante de la especie rabanito (*Raphanus sativus*).

H1 = La efectividad del lodo de la perforación del proyecto de exploración Cañón Florida, no es un alto fertilizante de la especie rabanito (*Raphanus sativus*).

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Bases teóricas

#### 2.1.1 *Suelo.*

El suelo es un recurso finito, es decir implica que su pérdida y degradación no son reversibles en el curso de la vida humana (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2015). Es un recurso no renovable que brinda servicios ecosistémicos como participación en ciclos biogeoquímicos, favorece el almacenamiento de carbono, almacenamiento y filtración del agua, así como es un recurso que brinda soporte en actividades humanas como el desarrollo agrícola y la sostenibilidad ecológica, es la base para la producción de alimentos, combustibles y fibras y para muchos servicios ecosistémicos esenciales (Burbano-Orjuela, 2016).

Según la normativa peruana, refiere que el suelo es un material no consolidado conformado por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, el cual abarca niveles diferentes de profundidad (subsuelo) hasta la capa superior de la superficie terrestre (Ministerio Nacional del Ambiente [MINAM], 2014).

Además de las funciones antes mencionadas, el suelo cumple diferentes roles en la vida de la tierra, como filtrado, amortiguado y transformando contaminantes evitando alterar las cadenas alimenticias, aparte de ello es considerado un sistema en el que se puede diferenciar tres fases: sólida conformada por elementos orgánicos e inorgánicos, los cuales se detallaran más adelante, líquida compuesta por agua y gases por la presencia de aire de poros del suelo. (López-Falcón, 2002).

Ante todo, lo mencionado es relevante mantener o conservar la calidad del suelo, debido a su rico estado para poder cumplir diversas funciones (ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales) debido a sus características físicas, químicas y biológicas (MINAM, 2014).

#### **2.1.1.1 Componentes inorgánicos**

Los suelos suelen formarse a partir de minerales como las rocas u otros componentes inorgánicos que pasaron por procesos físico-químicos (López-Falcón, 2002)

Los silicatos son los minerales con más predominancia encontrados en la corteza terrestre, es una especie mineral rica y que forman parte de la estructura de las arcillas (Porta et al., 2014).

Otro componente de importancia son las especies minerales calizas y dolomías (rocas carbonatadas), las cuales se presentan en zonas con climas áridos y semiáridos. Estas dos especies de calizas son las que se encuentran con más frecuencia de suelos. A diferencia de las calizas, el yeso es un mineral con más solubilidad y se haya en zonas con climas similares, siendo importante ya que favorece la estructura del suelo. Asimismo, los iones cloruros, sulfatos, carbonatos son sales más solubles que el yeso, estos en periodos húmedos se pueden encontrar en la parte inferior del suelo, mientras que en periodos de sequía se ubican en la superficie (Porta et al., 2014).

Las partículas minerales presentes en el suelo son variables en tamaño, excluyendo los fragmentos rocosos más grandes se ordenan en cuatro magnitudes desde 2.0 milímetros (mm) a menores que 0.0002 mm de diámetro (Brady y Weil, s.f.):

- Arena: no son las más familiares, las partículas individuales de arena son lo suficientemente grande para ser visto con el ojo humano (2.0 a 0.5 mm) y sentir las ásperas.
- Limo: son partículas más pequeñas (0.05 a 0.002 mm) son demasiado chicas para verlas sin microscopio, al tacto se siente suave.
- Arcilla: son las más pequeñas clase de partícula mineral (< 0.002 mm) las que se adhieren unas a otras para formar una masa adhesiva mojada y terrones en seco, las partículas más pequeñas (< 0.001 mm) de arcilla poseen propiedades coloidales.

**Tabla 1**

*Algunas propiedades generales de las tres mayores clases de tamaño de las partículas inorgánicas del suelo*

	<b>Propiedades</b>	<b>Arena</b>	<b>Limo</b>	<b>Arcilla</b>
<b>1</b>	Rango del diámetro de partícula en mm	2.0 – 0.05	0.05 – 0.002	Más pequeño que 0.002
<b>2</b>	Medio de observación	Ojo desnudo	Microscopio	Microscopio electrónico
<b>3</b>	Minerales dominantes	Primarios	Primarios y secundarios	Secundarios
<b>4</b>	Atracción de las partículas entre sí	Baja	Media	Alta
<b>5</b>	Atracción de las partículas por el agua	Baja	Media	Alta
<b>6</b>	Capacidad para retener químicos y nutrientes en forma disponible	Muy baja	Baja	Alta
<b>7</b>	Consistencia en húmedo	Suelta, áspera	Suave	Adhesiva, plástica
<b>8</b>	Consistencia en seco	Muy suelta, áspera	Pulverulento, algunos terrones	Terrones duros

(Brady y Weil, s.f.):

### **2.1.1.2 Componentes orgánicos.**

La materia orgánica presente en el suelo está conformada por diferentes componentes como vegetales, animales, microorganismos, así como subproductos de la descomposición de estos. Acorde a (Porta et al., 2014), la materia orgánica está compuesta por dos grupos biomasa (organismos vivos) y necromasa (células muertas).

La materia orgánica participa en procesos físico-químicos y biológicos del suelo como en la formación y estabilización de agregados, mejora la capacidad de retención de agua, permite reducir el riesgo de erosión, además permite que los suelos puedan absorber mayor radiación solar por el efecto albedo, el cual favorece los cultivos en zonas con temperaturas bajas. Una propiedad de importancia es su elevada superficie específica, que favorece el intercambio de cationes y por consecuencia el almacenamiento de nutrientes aprovechado por las plantas (Porta et al., 2014).

La materia orgánica acorde a su composición química presenta carbono (52%- 58%), lípidos que pueden llegar a 70%- 80%, oxígeno (34%-39%), hidrógeno (3,3%- 48%) y nitrógeno (3,7% -4,1%) y otros elementos químicos en menor proporción (Porta et al., 2014).

### **2.1.1.3 El suelo como depurador**

El suelo ya no es más considerado como un medio inerte y estático, sino que como visión global se analiza y considera como un ente dinámico, con una atmósfera interna propia, flora y fauna característica, elementos en continua evolución que los acoge, materia orgánica, una fracción mineral y factores ecológicos dotándole de individualidad precisa.

Entre sus propiedades físicas relacionadas a su mecanismo depurador se encuentran, según (Rueda, 2008):

- Estructura: que es la forma que tienen los elementos minerales y orgánicos del suelo, para agruparse en agregados o estructuras no estáticas.
- Porosidad: también influyendo el tamaño de los poros, en el caso de los suelos de textura fina, abunda más la micro porosidad frente a la macro porosidad, dominante en suelo con grava.
- El agua a través del suelo: en el caso de las aguas en el suelo actúan dos fuerzas de distinto origen: por una parte, está la fuerza gravitacional, que causa el movimiento descendente del agua a través de los horizontes edáficos, y la fuerza de succión, de origen capilar, que provoca movimientos ascendentes del agua ayudados por procesos de evaporación o de absorción a nivel radicular.
- Los gases en el suelo: siendo el mecanismo más importante el de la difusión. Es de gran interés para el mantenimiento de la actividad respiratoria de los organismos que la habitan.
- Intercambio de calor en el suelo: caracterizada por un microclima específico, dado por las variaciones del grado de humedad y de temperatura, variante de unos suelos a otros.

Entre sus propiedades químicas del suelo relacionadas con su mecanismo depurador, encontramos, (Rueda, 2008):

- Reacción de intercambio: la fracción mineral del suelo tiene una estrecha relación con la vegetación, ya que constituye la base de la nutrición mineral de esta.
- Intercambio de aniones: en suelo se da de forma bastante menor que la de los cationes, aunque ciertos suelos retienen los aniones en forma interminable como con el  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^-$ .

- Evolución de la acidez: la acidez depende de varios factores como el pH, la capacidad de intercambiar cationes (C.I.C) o la acidez de reserva (Saturación del complejo de cambio con AI)
- Salinidad: Exceso de sales solubles en el suelo, sobre todo de Na, reduce el poder de infiltración, puesto que estas actúan mediante presión osmótica, frenando la absorción tanto del agua como de otros iones del suelo.

Evolución de los metales pesados en el suelo: El fósforo se presenta en el suelo en forma de combinaciones orgánicas e inorgánicas y su distribución depende, fundamentalmente del tipo de suelo.

### ***2.1.2 Contaminación de suelos***

Los suelos productivos en la superficie de la tierra son limitadas, estas debido al crecimiento poblacional y aprovechamiento de recursos está siendo alterada. En el año 2015 el 33% de la tierra se encontraba degradado debido a diferentes procesos producto de actividades antropogénicas como la erosión, salinización, compactación, acidificación y contaminación (FAO, 2015)

La contaminación de suelos se produce por la liberación de sustancias que pueden llegar a acumularse y generar efectos a corto o largo plazo, dicha afectación se manifiesta cuando se alcanza valores umbral de toxicidad (López-Falcón, 2002), Los contaminantes no solo afectan el suelo, sino que puede repercutir en el crecimiento de las plantas, influyendo de esta forma sobre las cadenas tróficas o ingresando a otros componentes ambientales (Porta et al., 2014).



En el Perú, los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo, son referentes obligatorios en la elaboración y ejecución de los instrumentos de gestión ambiental, en caso sean superados, se deben realizar acciones de evaluación y/o ejecución de remediación de sitios contaminados (MINAM, 2017).

### 2.1.3 Estándares nacionales de calidad del suelo

Con la finalidad de prevenir y controlar la contaminación ambiental se presentan las normativas a nivel nacional.

**Tabla 2**

*Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo - Perú*

Parámetro (mg.kg <sup>-1</sup> )	Usos de suelo		
	Suelo agrícola	Suelo residencial/ parques	Suelo comercial/ industrial/ extractivo
Arsénico	50	50	140
Bario	750	500	2000
Cadmio	1,4	10	22
Cromo total	**	400	1000
Cromo VI	0,4	0,4	1,4
Cianuro libre	0,9	0,9	8
Mercurio	6,6	6,6	24
Plomo	70	140	800

Nota. Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM “Aprueba Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. (MINAM, 2017)

\*\* El parámetro no aplica para uso de suelo agrícola.

### 2.1.4 Producción minera

La minería es definida como una actividad económica donde se lleva a cabo los procesos de extracción, explotación y aprovechamiento de minerales con fines comerciales hallados en la superficie terrestre. Se encuentran dentro de la aplicación de la ciencia, técnicas y actividades teniendo que ver con el descubrimiento y explotación de los yacimientos minerales, estos se caracterizan por ser naturalmente sólidos y uniformes en sus propiedades

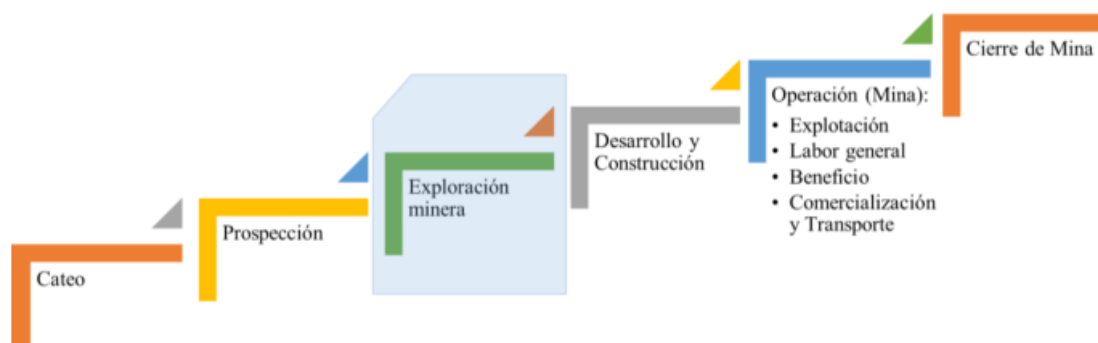
tanto físicas como químicas, hechos por un proceso inorgánico como resultado de la evolución geológica (Banco Central de Ecuador [BCE], 2016).

### 2.1.5 Etapas de la minería

Para desarrollar la exploración minera, previamente se deben llevar a cabo diferentes estudios de carácter geológico, geoquímico, geofísico entre otros; que se complementen entre sí, sentando una base sólida de información.

#### Figura 1

*Etapas de la actividad minera*



*Nota.* En la figura se muestran las etapas de la actividad minera basado en el D.S. N° 014-92-EM, resaltándose la exploración minera, ya que allí se contextualiza la presente investigación. Adaptado de Ticlla, 2021.

Asimismo, la exploración minera se aplican diferentes métodos breves y económicos que permitan abarcar áreas grandes e ir descartándolas hasta llegar a zonas específicas de alto interés geológico, que favorecerán a que el programa de exploración sea exitoso (Tenorio, 2015).

(Castilla y Herrera, 2012) definen las fases de la minería distinguiéndose cuatro etapas, las cuales se pasarán a detallar:

- Prospección: es la etapa en la que se buscan minerales aprovechables en una zona determinada, además de determinar anomalías del terreno que justifiquen estudios posteriores de mayor precisión, teniendo un intervalo de tiempo de 1 a 3 años.
- Exploración: etapa en la que se realice un dimensionamiento del depósito mineral de modo que se definan tanto la forma y contenido de mineral como el valor de dicho depósito, entendiendo como “valor” a la cantidad de mineral que se pueda extraer de manera rentable, teniendo un Interval de tiempo de 2 a 5 años.
- Desarrollo: etapa en la que se definen cada uno de los elementos que serán necesarios para la extracción de mineral y su disposición en el lugar más adecuado, teniendo un tiempo similar a la anterior etapa.

Depósito mineral abierto para la producción:

1. Estudio de impacto de minería al medio ambiente
  2. Infraestructura
  3. Planta
  4. Extracción
- Explotación: etapa donde se establecen la sucesión de trabajos necesarios para alcanzar el depósito mineral, la secuencia necesaria y los métodos de extracción de este, teniendo un periodo de tiempo de 10 a 30 años.

### **2.1.6 Exploración minera.**

Según el Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades de Exploración Minera, emitido mediante el D.S. N° 042-2017-EM, la exploración minera es una actividad (MINAM, 2017). Además, está orientada a futuro a la explotación rentable de minerales que tiene como objetivo medir el potencial mineralógico de un yacimiento (Tenorio, 2015)

La rentabilidad para los inversionistas en un proyecto de exploración minera es baja, ya que según el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) uno de cada cien proyectos de exploración minera es aceptada para hacer una mina, dichos proyectos son de importancia ya que dinamiza la economía (Pachas, 2015)

El objetivo de la exploración minera se basa en la identificación y reconocimiento detallado del yacimiento mineral. Como es la identificación de las dimensiones, posición y características mineralógicas (Pachas, 2015). Previo a la exploración minera, se debe haber realizado diferentes estudios los cuales son complementados entre sí, debido a que la información que se obtenga de cada uno de estos servirá como referente, en el que se detallaran los estudios (Castilla y Herrera, 2012)

- Recopilación de información, se realiza la evaluación de las características geológicas de la zona de interés, así como la información obtenida de las prospecciones realizadas en campo.
- Teledetección, es una herramienta que permite el procesamiento e interpretación de imágenes satelitales en bandas espectrales, en el que se evalúan las zonas de interés.
- Geología, la evaluación geológica permite determinar la presencia de minerales con potencial de exploración.
- Geofísica y geoquímica, estas técnicas permiten medir propiedades y valores inusuales de los minerales de forma geográficamente referenciada.
- Calicatas, son empleadas cuando no se tiene certeza de los datos obtenidos, esta medida podría facilitar la obtención de información litológica y estructural.
- Sondeos de exploración, permite conocer con mayor detalle el terreno, mediante campañas de perforación, en la que se toman muestras a profundidad para su

respectiva evaluación. En la mayoría de casos, en esta etapa se localizan los yacimientos minerales, así como el valor de la mineralización.

- Interpretación de resultados, se realiza la evaluación de toda la información recopilada tratando de realizar una interpretación más cercana a la realidad.

La exploración minera permitirá un dimensionamiento del depósito mineral (yacimiento mineral), donde se determinará la forma, el contenido del mineral y el valor de dicho depósito que se refiere a la rentabilidad de la cantidad de mineral que se podría extraer, y estará sujeto al precio de cotización en el mercado (Castilla y Herrera, 2012).

#### **2.1.6.1 Etapas de la exploración minera.**

La exploración minera consta de etapas definidas que inicia con el cateo, prospección, perforación y la evaluación de la rentabilidad para determinar si se convertirá en una futura mina (operación) o se llevará a cabo el cierre definitivo del proyecto de exploración minera. En la Figura 2, se describirán las etapas que conforman la etapa de exploración minera (MINEM, 2017).

**Figura 2**  
*Etapas de la exploración minera*



*Nota.* En la figura se resalta a la etapa de perforación, porque es donde se generarán los lodos de perforación, además de otros residuos y efluentes. Basado en el D.S. N° 014-92-EM y D.S. N° 042-2017-EM. Adaptado de Ticlla, 2021.

A continuación, se pasa a detallar cada proceso:

- a. El cateo tiene como objetivo evidenciar o mostrar indicios de mineralización realizando labores mineras elementales, tal como lo menciona el Texto Único Ordenado (TUO) de la Ley General de Minería, aprobado por D.S. N° 014-92-EM. Además, es una actividad que se puede realizar libremente en el territorio nacional y no requiere contar con la Certificación Ambiental, ya que no genera mayores alteraciones (MINEM, 2017)
- b. La prospección, como se menciona en el D.S. N° 014-92-EM, es una actividad minera, que, a semejanza con el cateo, busca áreas de posible mineralización, pero utilizando instrumentos y técnicas para obtener indicaciones químicas (geoquímica) y físicas (geofísica), entre otros; con la finalidad de determinar anomalías del terreno y contribuyan a la realización de actividades posteriores como la perforación, dicha actividad no requiere de Certificación Ambiental (MINEM, 2017)

- c. La perforación que se aplican en la exploración minera, sujetos a la velocidad del procedimiento, la calidad y cantidad de muestra a recuperar, costos de operación, además de los aspectos logístico y ambiental. Sin embargo, los métodos de perforación más usados en la exploración minera son los siguientes: perforación a rotación con recuperación de testigo (perforación con corona de diamante o perforación diamantina), perforación a rotación y perforación a rotopercusión. En consecuencia, el método o técnica de perforación minera de interés para la presente investigación, es la perforación a rotación con recuperación de testigo (perforación diamantina) y se describirá más adelante (Castilla y Herrera, 2012).
- d. La evaluación de la rentabilidad está sujeta al conocimiento de la cantidad de mineral y la forma del depósito mineral, en la zona de estudio; es decir, la “ley de corte” (que describe la proporción en peso de un metal en base a la roca que lo contiene, y se expresa en porcentaje (%) o en partes por millón (ppm)) establecerá si es rentable la explotación del yacimiento minero. Esta evaluación, deja abierta dos posibilidades: la rentabilidad alta que dará paso a la siguiente etapa de la actividad minera que es la operación (mina) y la rentabilidad baja que conlleva al cierre definitivo del proyecto de exploración minera que involucra el cese de actividades de perforación y el cierre ambiental (Castilla y Herrera, 2012).
- e. El cierre de un proyecto de exploración minera comprende las actividades de restauración de las áreas disturbadas, en lo posible, a las condiciones iniciales en las que se encontraban; el restablecimiento de la estabilidad física, química y procesos ecológicos del área afectada. Además, está normado en el Reglamento

de Protección Ambiental para las Actividades de Exploración Minera aprobado mediante D.S. N° 042-2017-EM y deberá ser incluido de manera detallada en el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA) para dicho proyecto; por lo que, su cumplimiento no dependerá de los resultados obtenidos durante el programa de exploración y deberá llevarse a cabo (MINEM, 2017). Este comprende tres etapas: el cierre progresivo, cierre final y post- cierre; en términos y plazos establecidos en el Estudio Ambiental aprobado. El cierre progresivo, involucra las actividades de cierre sobre áreas distribuidas que durante la operación del proyecto ya no seguirán usándose. El cierre final se realizará culminando el proyecto y refiere a las actividades de cierre de todas las áreas disturbadas que no fueron establecidas durante la operación del proyecto y que se usa en el término de este. El post – cierre es después del cese de actividades del proyecto y abarca las medidas de control y resanación de las áreas disturbadas que fueron restauradas durante el cierre progresivo y cierre final. (MINEM, 2017).

### ***2.1.7 Origen y características de los lodos***

Los lodos o fangos son residuos que se generan en las estaciones depuradoras de agua y consisten en una mezcla de agua y sólidos separada del agua tratada. Las cantidades de lodos producidos pueden ser expresada en términos de masa base seca) o en volumen (base húmeda) depende de diversos factores tales como el tipo y agua tratada, la climatología, el diseño de la instalación y sobre el tipo de proceso del que procedan. Otras posibles procedencias de los lodos son, por ejemplo, tratamientos anaerobios, lagunas de estabilización, procesos de espesamiento y deshidratación, lavado de filtros de arena y procesos de ablandamiento de aguas (Díaz, 2018)



## **2.1.8 Condiciones físicas y químicas de los lodos.**

### **2.1.8.1 Condiciones físicas.**

Las propiedades físicas de los lodos resultan determinantes para el adecuado diseño de los sistemas de tratamiento y transporte.

- Contenido en sólidos y densidades

Puede variar desde concentraciones del 0,5% en algunos lodos secundarios procedentes de lodos activos, hasta concentraciones del 20% que pueden encontrarse en lodos de lagunas anaerobias. Los sólidos totales (ST) se dividen en sólidos suspendidos (SS) y sólidos disueltos (SD). Habitualmente, cuando se indica el contenido de sólidos de un lodo, se refiere a los sólidos suspendidos. Tanto los SS como los SD se dividen en sólidos fijos (SF) y sólidos volátiles (SV). La relación SV/ST es un buen indicador de la fracción orgánica de los sólidos contenidos en los lodos y de su grado de digestión. Esta relación varía de 0,75 a 0,80 para lodos no digeridos y de 0,60 a 0,65 para lodos digeridos (Diaz, 2018)

- Deshidratación

La fase acuosa de los lodos se puede dividir en dos categorías, el agua libre y el agua ligada. El agua libre no se encuentra unida a los sólidos del lodo y puede ser separada fácilmente por gravedad, mientras que el agua ligada se encuentra asociada a los sólidos y para ser liberada deben de emplearse tratamientos mecánicos, como la centrifugación, o químicos. Las características de deshidratabilidad de un lodo pueden ser mejoradas por adición de condicionantes químicos. Una de las maneras de evaluar la eficacia de estos reactivos es mediante la determinación del tiempo de

succión capilar (TSC) de los lodos mediante el empleo de dispositivos comerciales (Diaz, 2018)

- Propiedades reológicas y transporte

El estudio de las propiedades reológicas de los lodos resulta de gran utilidad ya que están estrechamente relacionadas con diferentes operaciones como el bombeo, la hidrodinámica de los biorreactores o la transferencia de oxígeno.

El comportamiento reológico de los lodos puede ser analizado empleando el modelo de Herschel-Bulkley:

$$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n$$

Siendo  $\tau$  el esfuerzo cortante (Pa),  $\tau_0$  el límite de fluencia (Pa), K el parámetro de consistencia (Pa.s<sup>n</sup>), n el índice de flujo (adimensional) y  $\dot{\gamma}$  la velocidad de deformación (s<sup>-1</sup>). (Diaz, 2018)

### 2.1.8.2 Condiciones químicas

Dependiendo del origen, los lodos pueden ser de naturaleza orgánica o inorgánica y diferir en cuanto al contenido en sólidos y composición. En general, los lodos procedentes de EDARUs, se caracterizan por tener un elevado contenido en agua (92- 98%) y las materias suspendidas o disueltas están constituidas fundamentalmente por materia orgánica en forma compleja (lípidos, proteínas y carbohidratos), conteniendo en mucha menor cantidad, sales inorgánicas y metales pesados. (Diaz, 2018)

- Sustancias poliméricas extracelulares (SPE)

En el caso de los lodos biológicos, tienen especial interés las sustancias poliméricas extracelulares (SPE). Este término engloba la compleja mezcla de compuestos de alto peso molecular secretados por los microorganismos, los productos del hidrólisis de

macromoléculas y la materia orgánica adsorbida por estas sustancias poliméricas y pueden encontrarse en forma soluble o ligadas a las células. Las SPE tienen un papel clave en los procesos de depuración de aguas residuales, ya que intervienen en procesos de bioadsorción, floculación y adhesión. Por tanto, el estudio de las SPE es de gran importancia a la hora de caracterizar los lodos biológicos, ya que definen en gran medida sus propiedades al actuar como agentes estructurantes y condicionar la hidrofobicidad, la filtrabilidad, la electronegatividad, la capacidad de adsorción, la biodegradabilidad y la sedimentabilidad de estos agregados (Díaz, 2018)

### ***2.1.9 Lodos de perforación generados por la actividad minera.***

Los lodos generados de la actividad minera son a base de minerales Bentonita, generalmente sódica y Polímeros.

- Bentonita: Las ventajas de este mineral son múltiples: posee una granulometría muy fina (arcillosa) lo que lo hace apto para revestimiento de paredes del pozo, dándole firmeza a las mismas. Actúa como refrigerante de la sarta y el tricono o broca, es reutilizable, no es contaminante por su composición arcillosa y es de fácil preparación.
- Polímeros: Se definen como macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas (monómeros) que se repiten a lo largo de toda una cadena. Ejemplo de un polímero: es como un hilo y pasáramos tapitas perforadas por el centro, al final obtenemos una cadena de tapitas, en donde las tapitas serían los monómeros y el hilo con las tapitas sería el polímero (Delgado e Hinijosa, 2016).

#### **2.1.9.1 Lodos de perforación diamantina.**

Los lodos de perforación diamantina son el resultado del proceso de la perforación,

siendo el principal residuo o efluente; compuesto de roca molida (detritus), aditivos biodegradables y agua (fluidos de perforación base agua) (MINEM, 2017)

Los fluidos de perforación al mezclarse con los detritus del sustrato y roca cortada forman el lodo de perforación, que por acción de la rotación de la tubería es expulsado hacia la superficie terrestre para ser almacenado y reaprovechado nuevamente en la perforación (recirculación del lodo) hasta donde sea posible teniendo en cuenta la saturación de sólidos, generando una disminución significativa en el consumo de agua (Tenorio, 2015).

#### ***2.1.10 Contaminación del suelo por lodo.***

La contaminación del suelo puede ocasionarse por resultado de actividades voluntarias o involuntarias, dichas actividades pueden incluir la introducción directa de contaminantes en el suelo, así como de procesos ambientales complejos que puede llevar a una contaminación indirecta a través del agua o de la deposición atmosférica tal como nos plantea Tarazona en el 2014 (Rodríguez- Eugenio et al., 2019).

Por ende, se pasará a detallar los dos tipos de contaminación de suelo, los cuales son:

##### **2.1.10.1 Contaminación puntual**

La contaminación del suelo puede ser causada por un evento específico o una serie de eventos dentro de un área determinada en la que los contaminantes son liberados al suelo y la fuente e identidad de la contaminación son fácilmente identificadas. En este tipo se hallan principalmente las actividades antropogénicas siendo, por ejemplo: los emplazamientos de antiguas fábricas, la eliminación inadecuada de desechos y aguas residuales, vertederos no controlados, aplicación excesiva de agroquímicos, derrames de muchos tipos entre otros (Rodríguez- Eugenio et al., 2019).

El presente tipo de contaminación es muy común en zonas urbanas, centrándonos en el caso de los lodos, los v vertederos antiguos o ilegales, en los que los desechos no son eliminados correctamente o de acuerdo con su toxicidad (por ej.: baterías o desechos radiactivos), así como la disposición de lodos de depuradora y aguas residuales también pueden ser una fuente importante de contaminación puntual como mencionan Bauman-Kazubska y Sikorski (2009) (Rodríguez- Eugenio et al., 2019).

#### **2.1.10.2 Contaminación difusa**

Este tipo de contaminación que se propaga por áreas muy extensas se acumula en el suelo y no tiene una fuente única o fácilmente identificable, según la FAO (2015) se presenta donde la emisión, transformación y dilución de contaminantes, en otros medios ha ocurrido previamente a su transferencia al suelo. Este implica el transporte de contaminantes a través de sistemas de aire-suelo-agua, por ello para identificar adecuadamente este tipo de contaminación se deben realizar análisis complejos que involucren estos elementos ya mencionados. Por esta razón este tipo de contaminación es difícil de analizar, rastrear y delimitar su extensión espacial, entre los ejemplos de la contaminación difusa son numerosos y pueden incluir actividades relacionadas con la energía y armas nucleares; la eliminación incontrolada de desechos y los efluentes contaminados liberados en cuencas o cerca de éstas; la aplicación en los suelos de lodos de depuradora; el uso agrícola de plaguicidas y fertilizantes que también añaden metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes, nutrientes en exceso y agroquímicos que son transportados corriente abajo por las aguas de escorrentía; inundaciones; transporte y deposición atmosféricas y/o erosión del suelo (Rodríguez- Eugenio et al., 2019).

### **2.1.10.3 La generación de lodos por eliminación de desechos y aguas residuales.**

La eliminación de desechos municipales en vertederos y la incineración son las dos formas más comunes de manejar los desechos. En ambos casos, muchos contaminantes, como los metales pesados, los hidrocarburos poliaromáticos, los compuestos farmacéuticos, los productos para el cuidado personal y sus derivados, se acumulan en el suelo.

El uso de lodos de depuradora como enmiendas orgánicas puede ser beneficioso, ya que agrega materia orgánica y nutrientes a los suelos. Sin embargo, si dichos lodos no han sido tratados antes de su aplicación, muchos contaminantes como los metales pesados pueden acumularse en el suelo y eventualmente ingresar en la cadena alimentaria. En Europa, el uso de lodos de depuradora está regulado, pero esto no sucede en todas partes.

### **2.1.10.4 Metales pesados y metaloide.**

La terminología de metal pesado está referida al grupo de metales y metaloides de masa relativamente alta ( $>4,5 \text{ g/cm}^3$ ) como Pb, Cd, Cu, Hg, Sn, Sb, Se y Zn que pueden causar problemas de toxicidad. Muchos de ellos son micronutrientes esenciales para plantas, animales y humanos, pero en grandes cantidades pueden causar fitotoxicidad y dañar la salud humana a causa de su naturaleza no biodegradable, que causa que se acumulen fácilmente en los tejidos y organismos vivos. (Rodríguez- Eugenio et al., 2019).

Las principales fuentes antropogénicas de los metales pesados son las áreas industriales, los estériles de minas, la eliminación de desechos con alto contenido metálico, la gasolina y las pinturas con plomo (Pb), la aplicación de fertilizantes, el estiércol, los lodos de depuradora, los plaguicidas, la irrigación con aguas residuales, los residuos de combustión de carbón, los derrames de petroquímicos y la deposición atmosférica de diferentes fuentes Alloway (2013) (Rodríguez- Eugenio et al., 2019).

## **2.1.11 Fertilizantes**

### **2.1.11.1 Definición**

El termino fertilizante se entiende como cualquier material orgánico o inorgánico, natural o sintético que suministra a las plantas uno o más elementos nutricionales necesarios para su crecimiento. Esta definición supone que la condición para que un material sea considerado fertilizante es doble: primero debe contener uno o más de los nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal y la segunda es por la naturaleza y propiedades específicas, debe estar en capacidades de ceder estos elementos a las plantas, o sea debe contenerlos en estado aprovechable.

### **2.1.11.2 Aprovechamiento de los fertilizantes**

El fertilizante comercial es un material que contiene por lo menos uno de los nutrientes primarios en forma asimilable para las plantas. Los elementos principales y primarios forman una amplia variedad de compuestos químicos con diferentes grados de solubilidad en agua. Sin embargo, dicha solubilidad en agua no es el único para medir la aprovechabilidad de un fertilizante. (Guerrero, s.f.)

Algunos fertilizantes de solubilidad limitada en agua han demostrado poder ser absorbidos y aprovechados por las plantas y en algunas ocasiones ser tan o más efectivo que los altos solubles en agua. Sin embargo, algunos materiales insolubles no pueden ser considerados como fertilizantes. Debido a esto la mayoría de los países exige una proporción del contenido del nutriente en el fertilizante sea soluble en agua o en otro reactivo. (Guerrero, s.f.).

### **2.1.11.3 Expresión del contenido nutricional.**

La mayoría de los países aceptan que los contenidos nutricionales de los abonos se expresan en términos de nitrógeno elemental (N), pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) y óxido de potasio ( $K_2O$ ). Los elementos secundarios y los microelementos se expresan usualmente en términos de base elemental; sin embargo, el calcio y el magnesio son expresados frecuentemente como óxidos. (Guerrero, s.f.)

Este sistema de expresión es utilizado internacionalmente, en particular en el ámbito comercial. Sin embargo, es completamente convencional y arbitrario. Las siglas utilizadas no están relacionadas con ninguna característica del abono. Así, el hecho de expresar el contenido de nitrógeno como N elemental, no debe interpretarse en el sentido de que ese sea el estado químico del elemento en el abono: lo propio es aplicable al resto de los nutrientes (Guerrero, s.f.).

### **2.1.11.4 Tipos de fertilizantes**

Según (Guerrero, s.f.) los tipos de fertilizantes son los siguientes:

a) Fertilizante químico:

Es un producto manufacturado que contiene cantidades substanciales de uno o más de los elementos esenciales primarios. El proceso de producción industrial envuelve usualmente reacciones químicas, pero también puede consistir simplemente en la refinación de las fuentes fertilizantes naturales, tal es el caso del cloruro de potasio.

b) Fertilizante simple:



Se denomina así al abono que contiene solamente uno de los tres elementos esenciales primarios, tal es el caso de la urea, el superfosfato triple o el cloruro de potasio.

c) Fertilizante compuesto:

Es el abono que contiene más de uno de los tres elementos esenciales primarios. Los fosfatos de amonio, por ejemplo, son fertilizantes compuestos ya que contienen fósforo y nitrógeno. Sin embargo, en algunos países estos fertilizantes se consideran erróneamente simples.

d) Fertilizante de mezcla física:

Es el fertilizante compuesto resultante de la simple mezcla física o mecánica de dos o más materiales, sin que medie reacción química alguna. Así, por ejemplo, de la mezcla de fosfato diamónico y cloruro de potasio, en proporción 83,3% y 16,7%, respectivamente, resulta el fertilizante compuesto de grado 15-38-10.

e) Fertilizante complejo:

Se define como tal al abono compuesto resultante de la reacción química de ingredientes o materias primas. Normalmente, la producción de este tipo de abonos requiere de un montaje industrial relativamente complicado, de donde resulta la denominación de complejo que recibe el producto resultante.

En esencia, el fertilizante complejo difiere del mezclado en el hecho de que, en aquél, cada una de sus partículas presentará la misma composición, en términos de N, P O y K O. Por el contrario, la composición de una partícula en un fertilizante compuesto producido mediante mezcla física será la del ingrediente de la mezcla al cual pertenece. Esta característica tiene trascendencia en lo relativo a los efectos del fenómeno de segregación que se verán más adelante.

## f) Fertilizante natural:

Es aquel producto fertilizante obtenido de depósitos o yacimientos minerales, el cual es comercializado después de ser sometido a un proceso de beneficio y empaque. La roca fosfórica y el cloruro de potasio constituyen ejemplos de fertilizantes de origen natural.

## g) Fertilizante sintético:

Es el abono manufacturado mediante un proceso industrial. Como ya se indicó, los fertilizantes complejos son sintéticos, al igual que una gran variedad de fertilizantes simples, como la urea, superfosfatos, nitrato de amonio, etc.

Una variante del origen sintético es el de los subproductos. En efecto, algunos materiales fertilizantes resultan de procesos industriales no encaminados a su obtención sino a la fabricación de otro producto. Los ejemplos más conocidos en esta categoría son el de las escorias thomas, que es un subproducto de siderúrgica, y el del sulfato de amonio, remanente del proceso de producción de la caprolactama (Guerrero, s.f.)

## h) Fertilizante granulado

Material fertilizante en el cual las partículas están constituidas por gránulos de diámetro variable que oscilan generalmente entre 2 y 4 mm.

En general, el termino granular no implica un proceso específico para obtener la granulación, ya que esta puede lograrse mediante la agregación de partículas pequeñas, fraccionamiento y tamizado de fragmentos grandes y control del tamaño del cristal en los procesos de cristalización.

## i) Fertilizante cristalino

Es el abono cuyas partículas están constituidas por cristales de diferente tamaño y forma. El sulfato de amonio, nitrato de potasio y el cloruro de potasio constituyen ejemplos de fertilizantes cristalinos.

j) Fertilizante prilled o perlado

Fertilizante cuya granulación de forma esférica se obtiene mediante la solidificación de gotas durante su caída en aire u otro medio fluido, tal es el caso de algunos tipos de urea. Las partículas resultantes son pequeñas y su diámetro oscila entre 1 y 2 mm.

### **2.1.12 *Raphanus sativus***

Su origen no ha sido determinado de forma concluyente, aunque las variedades de rábanos de pequeños tamaños se originaron en la región mediterránea, mientras que los grandes pudieron originarse en Japón o China, incluso en inscripciones halladas en pirámides egipcias de 2.000 años a.C. ya hacían referencia a su uso en la comida. (Avila, 2014).

El rábano es un cultivo hortícola de rápida maduración que puede ser cultivado tanto en suelos minerales como orgánicos. El producto comestible de esta especie es su raíz engrosada de color rojizo, rosa, blanco o combinado, que se consume fresca en ensaladas la que generalmente alcanza su tamaño a cosecha aproximadamente 20 o 30 días después de haber sido sembrado (Laguna y Cisne, 2001).

#### **2.1.12.1 Clasificación taxonómica**

Reino: Plantae

Clases: Magnolipsida

Orden: Brassicales

Familia: Brassicaceae

Género: Raphanus

Especie: sativa

### **2.1.12.2 Suelo para cultivo de rabanito**

El suelo para el cultivo de rábano se adapta a cualquier tipo de suelo profundos, debe ser suelto arenoso, o arcillosos y con un pH neutros, El suelo para el cultivo del rábano debe estar libre de rocas y en condiciones niveladas (Lopez y Cristhiam, 2020).

### **2.1.12.3 Clima favorable para el cultivo del rabanito**

Los rábanos son poco exigentes al tipo de clima y pueden sembrarse durante todas las épocas del año. Pueden cultivarse en clima frio como en cálido, sin embargo, es indispensable proporcionarle atención determinada según sea el clima donde se pretenda cultivar. (Rosales, 2004).

Prefiere los climas templados, teniendo en cuenta que hay que proteger al cultivo durante las épocas de elevadas temperaturas. El ciclo del cultivo depende de las condiciones climáticas, pudiendo encontrar desde 20 días a más de 70 días. La helada se produce a -2 °C. El desarrollo vegetativo tiene lugar entre los 6 °C y los 30 °C, el óptimo se encuentra entre 18-22 °C (Gómez, 2011).

## **2.2 Marco Conceptual**

### ***2.2.1 Perforación con diamantina en la etapa de exploración minera***

Según Rueda (2008) quien realizo una investigación en el presente tema, las actividades de perforación con diamantina corazonada se encaminan a la obtención de muestras de roca

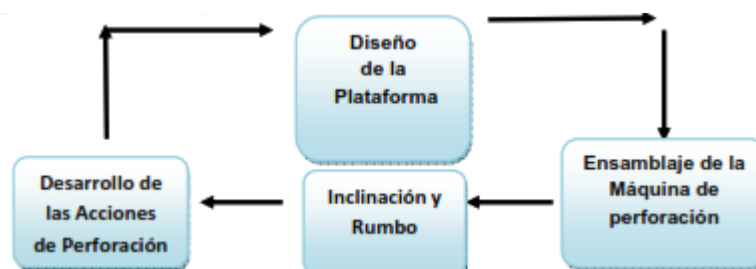
y son ejecutadas por empresas contratistas especializadas, las muestras obtenidas permiten cuantificar las reservas de minerales en la zona, constando de las siguientes etapas:

- Diseño de plataforma
- Ensamblaje de la máquina de perforación
- Desarrollo de las acciones de perforación

Las cuales son detalladas a profundidad en la investigación de Rueda. Asimismo, nos menciona que la presión que ejerce las tuberías sobre las paredes del subsuelo, es lo que produce el ascenso de sedimentos acuosos conocidos como lodos de perforación, o en otras palabras como retorno, los cuales son conducidos a los tanques de recolección que a través de redes de conducción son transportados a las piscinas de sedimentación, donde se genera una problemática ambiental debido a que no se ha establecido un sistema de tratamiento y disposición final de los lodos. Como observamos en la imagen el autor nos resume en un gráfico el proceso de perforación con diamantina para la exploración minera. (Rueda, 2008).

### Figura 3

*Etapas del proceso de perforación con diamantina*



Nota. Adaptado de Rueda, 2008.

#### 2.2.2 Aprovechamiento de lodos

Como se ha venido explicando previamente, el aprovechamiento de los lodos se da con la alternativa de poder hacer de esta tierra rica para la agricultura u otras actividades que

requiera el hombre, en esta línea los lodos provenientes de aguas residuales son de los que más se han hallado investigaciones y estudios (Onofre, 2018; Huanqui, 2018). En el caso de la presente investigación se realizará con lodos provenientes de la explotación minera con diamantina, en una línea similar, mas no igual a la de Ortega y Ordovás, realizada en Sevilla, España.

Como se sabe la temática de los lodos es una de las problemáticas ambientales de la actividad minera, ampliamente representadas en sectores específicos de nuestro país. Un ejemplo internacional es el sucedido en España, comarca de Macael donde se da la extracción del mármol en canteras a cielo abierto, que luego serán llevados a un taller para su transformación y comercialización. El aprovechamiento del mencionado lodo residual generado de este proceso industrial reducirá su impacto y los riesgos de contaminación y generan un valor añadido al sector, ya que en este caso la concentración de calcio es elevada y siendo muy útil en el sector agronómico, con esta introducción los autores antes mencionados, estudian la aptitud del lodo residual proveniente del corte y pulido del mármol, como sustratos y suelos para la producción o implantación de plantas forestales y ornamentales, adecuadas para la restauración paisajística, entre otras (Ortega y Ordovás, 2011).

### ***2.2.3 La acción de los metales en el *Raphanus Sativus****

Es importante poder determinar el nivel de riesgo de los metales pasados sobre los diversos representantes del ecosistema usando bioensayos eco toxicológicos, encontrándose entre ellos las plantas como las hortícolas.

Algunas especies de plantas tienen ventajas sobre otras como por ejemplo el poder almacenarse en forma de semillas por un año o más, costos de mantenimiento mínimos, las

muestras no requeridas aireación, muestras de turbiedad que no requiera de una filtración adicional o las pruebas sin ajuste de pH como mencionan Lancome y Alvariño en el 2005 (Prieto et al., 2009).

Asimismo, autores como Calow (1993) señala la potencialidad del uso de la cebolla (*Allium cepa* L., Liliaceae), betarraga (*Beta vulgaris* L., Chenopodiaceae), arroz (*Oriza sativa* L., Poaceae) y rabanito (*Raphanus sativus* L., Brassicaceae) para evaluar la toxicidad y el riesgo de sustancias químicas peligrosas en el ambiente. Sin embargo, el efecto de metales pesados sobre plantas vasculares no se conoce bien (Prieto et al., 2009).

### **2.3 Marco legal**

- Modificación del decreto supremo N° 020-2008- EM Reglamento ambiental para las actividades de exploración minera, acorde al artículo 12 “Manejo de efluentes menciona: “Durante la ejecución de proyectos de exploración minera se deberá controlar la cantidad y calidad de los efluentes, de tal forma que se cumpla con los límites máximos permisibles y se adopten medidas para evitar la afectación del cuerpo receptor, medida sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental o el nivel de fondo correspondiente. Para asegurar dicho control, el titular deberá realizar el monitoreo continuo de los cuerpos de agua que pudieran ser afectados.”
- Modificación del decreto supremo N° 020-2008- EM Reglamento ambiental para las actividades de exploración minera, acorde al artículo 52 “Medidas de manejo a implementar”: “Como parte de las medidas operativas a implementar para la exploración minera, el titular debe cumplir con todos los compromisos asumidos en el estudio ambiental aprobado para la actividad de exploración a realizar,

considerando entre otros, las siguientes medidas las cuales deben formar parte de una matriz de obligaciones ambientales que formen parte del estudio a aprobarse:

- a. Construir las cunetas de coronación en las plataformas de perforación, áreas de suelos orgánicos, pozas de lodos u otros componentes, conforme al compromiso que haya asumido el titular minero.
  - b. Cumplir con el sellado de los taladros de perforación diamantina
  - c. Cumplir con los parámetros y criterios de construcción de vías de acceso, incluyendo las medidas de mantenimiento, limpieza y rehabilitación.
  - d. Cumplir con el manejo adecuado de residuos sólidos en la actividad.
  - e. Evitar la innecesaria e inadecuada disposición de sustancias u objetos sobre el suelo, que pudieran afectar su calidad.
  - f. Cumplir con implementar los sistemas de protección contra derrames en las áreas que sean necesarias.
  - g. Contar con derecho de uso de terreno superficial, antes de iniciar las actividades de exploración minera.
  - h. Cumplir con presentar los reportes de monitoreo, conforme a lo aprobado en su estudio ambiental.
  - i. Cumplir con construir canales perimétricos de escurrimiento de las aguas circundantes, conforme a lo aprobado en su estudio ambiental.
  - j. Cumplir con todas las actividades de rehabilitación aprobadas en su estudio ambiental."
- Resolución Directorial N°1040-2018-ANA-AAA.M

Acorde al artículo 1 se dio la Aprobación a la Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Cañón Florida",



presentado por Compañía Minera Milpo S.A.A., a desarrollarse en el distrito de Shipasbamba, provincia de Bongará, y departamento de Amazonas.

Referente a la descripción del contenido del estudio de impacto ambiental semidetallado, en cuanto al área efectiva del proyecto: La poligonal considerada como área efectiva de exploración estará constituida por los componentes de la tercera MEIASd del proyecto de exploración “Cañón Florida”. Esta área comprende una superficie aproximada del 1 018, 49 ha. El área efectiva está compuesta por el área de actividad minera (329,97 Ha) y área de uso minero (688.52 Ha) del proyecto.

- Resolución Directorial N°1040-2018-ANA-AAA.M, referido a la generación y manejo de residuos líquidos y sólidos, letrinas secas: Se construirá una letrina seca por cada plataforma de perforación, estas serán ubicadas a 10 m de cada plataforma y se construirán con un armazón plástico tipo DISAL. En las superficies externas se construirá un canal de coronación, internamente se colocará una plataforma de madera con un orificio de 30 cm de diámetro a manera de inodoro. El mantenimiento de dichas letrinas incluirá la adición de aserrín inmediatamente después de su uso. Una vez que el pozo de la letrina alcance su capacidad máxima, los lodos serán neutralizado con cal para luego ser enterrados en el mismo sitio. Se estima una generación de efluentes domésticos de 530 l/día.

Impactos potenciales durante la etapa de operación:

Impactos sobre la calidad de aire. Estos impactos estarían asociados con el incremento de las concentraciones de material particulado y gases de combustión, principalmente por las actividades de perforación diamantina, de circulación y transporte de materiales, insumos y muestras geológicas.

Impactos sobre los niveles de ruido, asociados con las actividades de perforación diamantina y traslado de equipos y maquinaria para perforación.

Impactos sobre el suelo, asociados principalmente, con el riesgo de posibles derrames accidentales de almacenes y pozas de lodos de perforación, y de combustibles y lubricantes de los vehículos y maquinarias empleados en la operación.

Impactos sobre la calidad de agua superficial, asociados con el riesgo de posibles derrames accidentales en almacenes y en pozas con lodos de perforación.

Impactos sobre la calidad de agua subterránea, asociados principalmente con las actividades de perforación diamantina y el uso y disposición adecuada de los lodos de perforación. El manejo y gestión de los lodos de perforación podría representar un factor de riesgo, en caso estos materiales pudieran llegar hasta las quebradas y otros cauces de agua en la zona.

Impacto sobre la flora silvestre. Durante la etapa de operación no se requerirá de mayores áreas de desbroce y todas las actividades estarán ubicadas en las zonas de las plataformas, accesos y áreas auxiliares.

Impactos sobre la fauna silvestre. Los efectos esperados serán el ahuyentamiento de animales, especialmente de mamíferos menores y de aves.

Impactos sobre los componentes hidrobiológicos. Los principales efectos podrían asociarse con eventos de arrastre de sedimentos y otros materiales hacia los cuerpos de agua durante la temporada de lluvia.

### III. MÉTODO

#### 3.1 Tipo de investigación

La investigación se desarrolla sobre un solo método, por ello es cuantitativa, no experimental (Hernández et al., 2014). La investigación se desarrolla en el marco no experimental en un solo tiempo por ello es transversal y al no manipular las variables es de tipo descriptiva. Las variables serán observadas y analizadas mediante ensayos de las muestras obtenidas en campo.

#### 3.2 Ámbito temporal y espacial

##### 3.2.1 *Ámbito temporal*

Se refiere al tiempo en donde se desarrolla, mide y se analiza las variables de la investigación se delimita al año 2021. En este periodo se recolecto la información de los ensayos físicos y químicos realizados en las instalaciones del proyecto de exploración Cañón Florida de Nexa Resources Perú.

##### 3.2.2 *Ámbito espacial*

La investigación se realiza en las instalaciones del proyecto de exploración Cañón Florida de Nexa Resources Perú, en el área de la actividad minera, el cual se ubica políticamente en el distrito de Shipasbamba, en la provincia de Bongara, en la región de Amazonas.

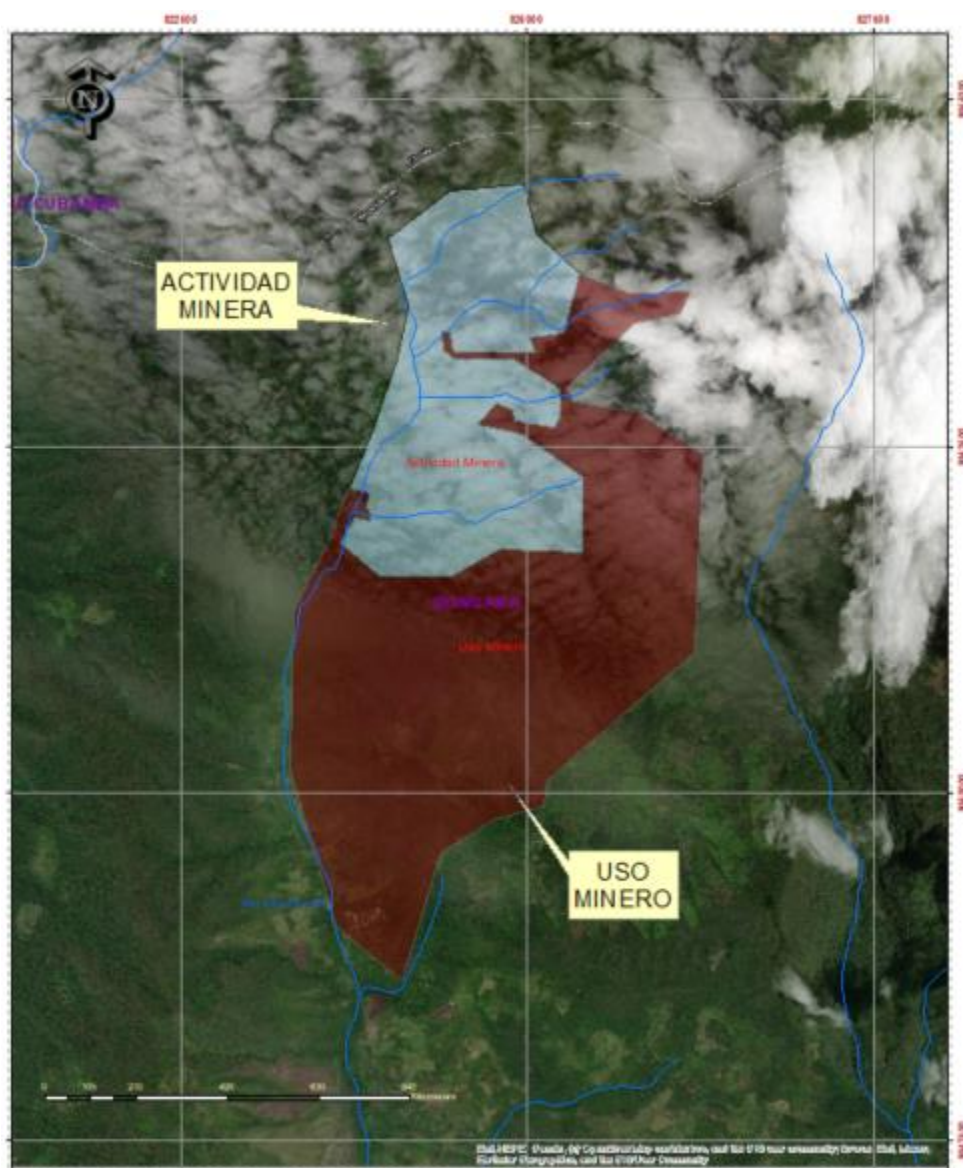
**Tabla 3**

*Ubicación geoespacial del área de estudio*

Área de la Zona de Estudios	Puntos Extremos	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17 S	
		Este	Norte
	Noroeste	823,646.1828 m	9,354,389.4291 m

Área de la Zona de Estudios	Puntos Extremos	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17 S	
		Este	Norte
Actividad Minera, 330 has con un perímetro de 11,406.46 metros	Noreste	825,411.4863 m	9,354,389.4291 m
	Suroeste	823,646.1828 m	9,351,544.6234 m
	Sureste	825,411.4863 m	9,351,544.6234 m

**Figura 4**  
*Ubicación del área de estudio*



### 3.3 Variables

#### 3.3.1 Variable independiente

Vara (2019) la variable independiente (Vx), dice que es la que cambia o es controlada para ver sus efectos en la variable dependiente (Vy) (Ver tabla 3)

**Vi = Efectividad de los lodos..... (1)**

#### 3.3.2 Variable dependiente

Vara (2017), dice que la variable dependiente (Vy), es la que es afectada por la variable independiente (Vx). Se trata del efecto, de lo que se mide.”

**Vd = Fertilizante de la especie *Raphanus Sativus*..... (2)**

### 3.3.3 Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual de la variable	Definición operacional de la variable	Dimensiones	Indicador	Instrumentos
<b>Variable Independiente: Efectividad de los lodos</b>	Los lodos de perforación diamantina son el resultado del proceso de la perforación, siendo el principal residuo o efluente; compuesto de roca molida (detritus), aditivos biodegradables y agua (fluidos de perforación base agua)	La efectividad de los lodos ha sido puesta en práctica con tres tipo de muestra considerando la testigo, la mezcla ha sido en proporciones con suelo agrícola.	Procesos de Generación de Lodos  Contaminación por lodos  Condiciones físicas y químicas de los lodos	- Producción de lodos por día. - Numero de chanchas por día - Kg/día - Tratamientos de agua. - Percepción de la contaminación por lodos. - Procesos de exploración minera - Análisis de laboratorio	- Lista de chequeo. - Estadística de producción  - Procesos de producción de la empresa. - Encuesta / Procesamiento de datos.  - Hoja técnica
<b>Variable Dependiente: Fertilizante de la especie <i>Raphanus Sativus</i></b>	El termino fertilizante se entiende como cualquier material orgánico o inorgánico, natural o sintético que suministra a las plantas uno o más elementos nutricionales necesarios para su crecimiento	El fertilizante de la especie <i>Raphanus Sativus</i> ha sido calculado a través de análisis de laboratorio, el rabanito fue analizado después de obtenerlo por cosecha de las muestras creadas en la presente investigación	Utilidad de los lodos	- Consumo de alimentos provenientes del uso de lodos. - Uso de lodos para la agricultura. - Uso de los lodos como fertilizantes	- Encuesta / Procesamiento de datos

### 3.4 Población y muestra.

#### 3.4.1 Población

Según Hernández (2014) menciona que *“es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado”*. Cuando se vaya a llevar a cabo alguna investigación debe de tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse la población bajo estudio.

Para la presente investigación la población esta representa por las 51 plataformas de perforación del proyecto de exploración Cañón Florida. En el siguiente cuadro se muestra la ubicación de cada una de ellas.

**Tabla 4**  
*Plataformas del área de estudio*

Plataformas	Nº Plataformas	ESTE	NORTE	Sondaje	Profundidad
P1	108	824620	9353967	BG_325	200
P2	109	824620	9353967	BG_328	200
P3	110	824709	9353805	BG_331	200
P4	111	824529	9353705	BG_334	200
P5	112	825037	9353749	BG_337	200
P6	113	825305	9353754	BG_340	200
P7	114	824322	9353591	BG_343	200
P8	115	824526	9383598	BG_346	200
P9	116	824463	9353459	BG_349	200
P10	117	824307	9353337	BG_352	200
P11	118	824466	9353264	BG_355	200
P12	119	824915	9353663	BG_358	200
P13	120	824902	9353388	BG_361	200
P14	121	824845	9353238	BG_364	200
P15	122	824577	9353236	BG_367	200
P16	123	824634	9353277	BG_370	200
P17	124	824488	9353222	BG_373	200
P18	125	824418	9353137	BG_376	200
P19	126	824436	9353072	BG_379	200
P20	127	824596	9353048	BG_382	200
P21	128	824437	9352985	BG_385	200
P22	129	824722	9352973	BG_388	200

Plataformas	Nº Plataformas	ESTE	NORTE	Sondaje	Profundidad
P23	130	824823	9352985	BG_391	200
P24	131	824851	9353102	BG_394	200
P25	132	825015	9352933	BG_397	200
P26	133	825212	9352790	BG_400	200
P27	134	824601	9352739	BG_403	200
P28	135	824445	9352671	BG_406	200
P29	136	824241	9352566	BG_409	200
P30	137	824305	9352358	BG_412	200
P31	138	824934	9352689	BG_415	200
P32	139	825177	9352681	BG_418	200
P33	140	824903	9352574	BG_421	200
P34	141	824916	9352466	BG_424	200
P35	142	824661	9352402	BG_427	200
P36	143	824089	9352189	BG_430	200
P37	144	824097	9352081	BG_433	200
P38	145	824691	9352245	BG_436	200
P39	146	824787	9352136	BG_439	200
P40	147	824884	9352229	BG_442	200
P41	148	824985	9352330	BG_445	200
P42	149	824636	9352115	BG_448	200
P43	150	825123	9352321	BG_451	200
P44	151	825175	9352283	BG_454	200
P45	152	825144	9352085	BG_457	200
P46	153	825328	9351942	BG_460	200
P47	154	824048	9351878	BG_463	200
P48	155	823920	9351649	BG_466	200
P49	156	824143	9351751	BG_469	200
P50	157	824397	9351649	BG_472	200
P51	158	824200	9351643	BG_475	200

Nota. Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado del proyecto de exploración minera “Cañón Florida”, presentado por Compañía Minera Milpo S.A.A

### 3.4.2 Muestra

Hernández (2014) menciona que *“es el subconjunto fielmente representativo de la población. Hay diferentes tipos de muestra que su selección dependerá de la calidad y cuan representativa se quiera sea la población”*.

La muestra ha sido seleccionada por conveniencia, para la presente investigación se han considerado las siguientes plataformas:



**Tabla 5**  
*Plataformas seleccionadas para la muestra*

Plataformas	Nº Plataformas	ESTE	NORTE	Sondaje	Profundidad
P1	108	824620	9353967	BG_325	200
P2	109	824620	9353967	BG_328	200
P4	111	824529	9353705	BG_334	200
P6	113	825305	9353754	BG_340	200
P7	114	824322	9353591	BG_343	200
P48	155	823920	9351649	BG_466	200

Nota. Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado del proyecto de exploración minera “Cañón Florida”, presentado por Compañía Minera Milpo S.A.A

### 3.5 Instrumentos

Según Hernández (2014) señala que, “*son un método de investigación y recopilación de datos utilizados para obtener información de personas sobre diversos temas.*” Las encuestas tienen una variedad de propósitos y se pueden llevar a cabo de muchas maneras dependiendo de la metodología elegida y los objetivos que se deseen alcanzar.

Se realizará un cuestionario de preguntas, mediante una encuesta que medirá la opinión y percepción de las personas y agricultores, con respecto al uso de los lodos producto de la actividad minera. Esta encuesta será levantada en situ a través de las plataformas digitales y en el trabajo de campo.

#### 3.5.1 Validación del instrumento: Juicio de expertos

El instrumento de medición será validado en el juicio de expertos, que es un método de validación útil para verificar la fiabilidad de una investigación que se define como “una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones” (Escobar y Cuervo, 2018).

Se tendrá la siguiente ficha de validación

**Figura 5**  
*Ficha de encuesta*

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
ESCUELA DE INGENIERA AMBIENTAL  
ENCUESTA

Tesis: Efectividad de los lodos como fertilizante de la especie *Raphanus Sativus* en la Perforación del Proyecto de Exploración Cañón Florida, Amazonas - 2021.

Autor: Vanessa Mercedes Aguilar Mas

Nombre del Encuestado: \_\_\_\_\_

a. Edad

- Mayor de 80 años
- Entre 60 a 80 años
- Entre 40 a 60 años
- Entre 20 a 40 años
- Menor de 20 años

b. Sexo

- Hombre
- Mujer

1. Usted conoce los diferentes tratamientos de agua para posterior uso del regado de cultivos
  - Planta de tratamiento de aguas residuales
  - Planta de ósmosis inversa
  - Tratamiento por decantamiento
  - No sabe
2. Usted consumiría alimentos provenientes de regado de aguas por tratamientos.
  - Si
  - No
  - No sabe
3. Cree que la exploración minera genera contaminación ambiental.
  - Si a gran escala
  - Si a media escala
  - Si a poca escala
  - No genera
4. Cuál de los procesos de la exploración minera cree Usted que perjudica al medio ambiente
  - Ruido
  - Polvo
  - Contaminación al agua
  - Contaminación al suelo
  - Perjudica a la salud de la persona
5. Sabe Usted que son los lodos de perforación
  - Es una mezcla
  - Es una mezcla de agua con suelos
  - Es una mezcla con agua, suelos y aditivos
  - Es una mezcla útil para ser usada como fertilizante

6. Cree Usted que los lodos pueden ser utilizados de forma benéfica
  - Si
  - No
  - No sabe
7. Cree Usted que los lodos pueden ser usados para:
  - La agricultura
  - La construcción
  - La fabricación de ladrillos
  - Otro.....
8. Usaría Usted los lodos como fertilizantes para algún tipo de cultivo:
  - Frutales
  - Maderables
  - Hortalizas
  - Tubérculos
  - Cítricos
9. Si se le demuestra que los lodos producto de la actividad minera no son contaminantes Usted los usaría como fertilizante en:
  - Frutales
  - Maderables
  - Hortalizas
  - Tubérculos
  - Cítricos
10. Consumiría Usted productos alimenticios que son provenientes del uso de lodos
  - Si
  - No
  - No sabe

## **3.6 Procedimientos**

### **3.6.1 Etapas de campo**

#### **3.6.1.1 Pre-campo**

En esta etapa se define el área de estudio que viene hacer el área actividad minera del proyecto de exploración Cañón Florida en Amazonas, aquí se hizo la toma de muestra de los lodos de las plataformas, se recogió información bibliográfica del proyecto que son los estudios aprobados por la empresa, se dialogó con los operarios de la zona de lodos y encargados de las plataformas, se hizo visita a la Municipalidad distrital de Shipasbamba, se recoge información bibliográfica y virtual, así como de las geo plataformas públicas institucionales, posteriormente se realizó la clasificación de la información documental y gráfica sobre la actividad minera y la selección del laboratorio para el análisis de la muestra.

Las actividades que se realizaron fueron las siguientes:

1. Acopio de información de las geoplataformas del IGN, INGEMET, INEI, MINEM, MINEDU, Municipalidad de Shipasbamba, Biblioteca Virtual de la FIGAE.
2. Síntesis de la información.
3. Procesamiento y análisis de la información.
4. Selección de programas y base de datos del ARC Gis 10.5
5. Mapa Base y temáticos
6. Itinerario para el recojo de información.

#### **3.6.1.2 Campo.**

El trabajo de campo empieza tomando la muestra de lodos de perforación de uno de los sacos donde se realiza el secado, se realizó la toma de 3 muestras del mismo saco de

diferentes puntos, estas muestras se llevaron a un análisis para determinar los minerales presentes en los lodos y su nomenclatura de toxicidad.

Posterior al resultado de la muestra se procedió con la parte del desarrollo del rabanito, en esta etapa se realizó en las oficinas llamadas Helipuerto del proyecto Cañón Florida, en un área determinada con el fin de mantener la calidad de la muestra.

Se realizaron las siguientes actividades:

1. Se extrae el lodo de perforación trasladándolas en acémilas hasta helipuerto.
2. Con material reciclado de cajas de testigos se realizan cajas divisorias para el sembrado
3. Se realiza 4 tipos de investigación de los lodos: muestra de lodo, muestra de lodo con tierra orgánica (propia de la zona) en dos cantidades diferentes, y se tendrá la muestra cero o blanca con la cual se comparará los rabanitos esta muestra contendrá lodo.
4. Seguimiento del crecimiento de la especie rabanito
5. Extracción del rabanito y su posterior análisis de la especie.
6. Interpretación de los resultados.

### **3.6.1.3 Post-campo**

En esta etapa se relaciona y analizan los datos obtenidos de la etapa preliminar, como etapa de campo, corrigiendo los errores e interpretando la información adecuadamente. Con los análisis de laboratorio y la interpretación de los resultados de la investigación se definirá la utilidad de los lodos y su efectividad como fertilizante en la especie rabanito.

Se realizaron las siguientes actividades:

1. Métodos y procedimientos.
2. Análisis estadístico con el programa Excel.
3. Identificación de la efectividad
4. Contrastación de datos de campo

### ***3.6.2 Descripción del proceso de generación de lodos y su contaminación al ambiente***

Para obtener lodos de perforación se debe llevar a cabo la perforación diamantina la cual consta en perforar el suelo con un tubo el cual genera dos tipos de productos, uno viene a ser los testigos que es el material de información para los geólogos, paralelamente se genera un residuo constituido por los cortes y los aditivos para la perforación, entonces los lodos contienen agua, material fino y residuos de aditivos empleados durante la perforación.

#### **3.6.2.1 Manejo y disposición final de los lodos de perforación**

Los lodos residuales provenientes de los trabajos de perforación pasarán por una trampa de grasa y, posteriormente, serán captados en dos pozas de sedimentación impermeabilizadas con geomembrana. En las pozas de sedimentación se logrará separar los sólidos en suspensión del agua; posteriormente, el agua podrá ser reutilizada en el proceso de perforación.

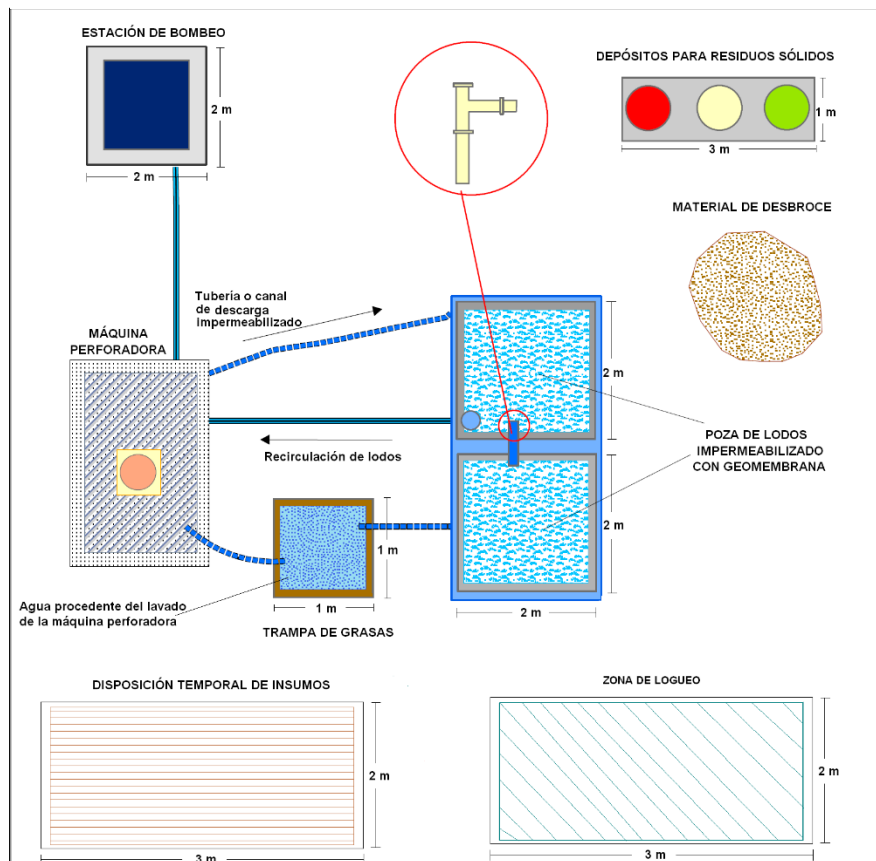
En caso de que en las trampas de grasa queden trazas de aceites y grasas se colocarán paños absorbentes. Una vez que el paño absorbente cumpla su función, se le retirará adecuadamente para su disposición de acuerdo a lo señalado en el Plan de manejo de residuos.

El material sedimentado o lodo será contenido en la misma poza de sedimentación a la que se le agregará el suelo que se extrajo para su construcción, además del suelo orgánico para su posterior revegetación. Es decir, el material residual será dispuesto en la misma poza

La poza madre recolecta el lodo de todas las plataformas y de aquí se realiza el tratamiento, se traslada por tubos al se coloca el coagulante y se traslada al mac tube, donde se produce la separación del agua y quedamos con los sedimentos de lodos.

Estos sedimentos son los que se utilizan para el sembrío de los rabanitos.

**Figura 6**  
*Diagrama de plataforma de exploración*



### 3.6.3 Determinación de las condiciones físicas y químicas de los lodos

Se realiza la toma de muestra de los sedimentos de las bolsas de bigbag, y se analizan por medio del laboratorio de ensayo acreditado por el organismo internacional accreditation

service, INC. – IAS con registro TL - 829. Las muestras fueron obtenidas de las siguientes plataformas

**Tabla 6**  
*Ubicación de las plataformas*

Plataforma	Coordenada UTM WGS 84	
	Este	Norte
P1 (Muestra 1)	824620	9353967
P2 (Muestra 2)	824582	9353834
P4 (Muestra 3)	824529	9353705

Los análisis de la muestra fueron puestos a prueba en la siguiente metodología de ensayo:

**Tabla 7**  
*Análisis del nitrógeno*

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Kjeidahi Total Nitrogen (Nitrogeno total Kjeidahi)	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-Norg-C, 23rd Ed. 2017. Semi-Micro- Kjeidahi Method.	0.05	N %
Metales: Aluminum (Al), Antimony (Sb), Arsenic (As), Berium (Ba), Boro (B), Berylium (Be), Cadmium (Cd), Cadium (Ca), Chromiun (Cr), Cobalt (Co), Copper (Cu), Iron (Fe), Lead (Pb), Lithium (Li), Magnesium (Mg), Manganese (Mn), Mercury (Hg), Molybdenum (Mo), Nickerl (Ni), Phosphorus (P), Potassium (K), Selenium (Se), Silica ( SiO <sub>2</sub> ), Silver (Ag), Sodium (Na), Strontium (Sr), Thallium (TI), Estaño, Titanium (Ti), Vanadium (V), Zinc (Zn), Thorium (Th), Uranium (U), Tungsten (W).	EPA 3050-B (1996) Acid Digestion of Sediments, Siudges, and Solis // Sw-846 Method EPA 6010D, Rev. S,2018. Inductively Coupled Plasma -Optica Emisiion Spectrometry (ICP-OES).	...	mg/kg

### 3.6.4 Determinación de la utilidad de lodos

En la etapa de la exploración minera se realiza la perforación de acuerdo a los estudios geológicos donde determinan que tiene posibilidades de presencia de mineral en el caso del proyecto cañón florida de buscar Zinc (Zn), para realizar dicha perforación se usa aditivos la

cual en su mayor cantidad es la bentonita la cual es usada para cultivos, para mejorar el ph de los suelos o para mejorar la hidratación ya que este producto retiene mucha agua.

En las instalaciones del proyecto de exploración Cañón Florida (distrito de Shipasbamba), en la zona conocida como Helipuerto se instaló la siembra del rabanito el cual tuvo una duración de del 27 de junio al 06 de agosto del año 2021, en este proceso se instalaron tres muestras con el siguiente detalle:

- La primera muestra la llame “muestra 0” (testigo), es la que tiene solo tierra orgánica, es con la cual voy a comparar mis dos resultados
- La segunda muestra es la de tierra orgánica con lodo de perforación, en la misma proporción 1:1
- La tercera muestra es de tierra orgánica con lodo de perforación en diferentes proporciones 2:1 (2 orgánica, 1 de lodo de perforación) siendo esta última con los mejores resultados.

Estas muestras fueron aplicadas a la siembra de los rabanitos obteniendo resultados que fueron analizados por el laboratorio SGS del Perú S.A.C.

### **3.7 Análisis de datos**

En esta etapa se refiere al uso de técnicas y herramientas informáticas, que serán utilizadas como los sistemas de información geográfica, para la cartografía temática con el levantamiento in-situ mediante las encuestas; la observación, desarrollado diagramas de flujo y una base de datos y diccionario, para la lectura de la investigación.



El procesamiento de la información para ver las correlaciones estadísticas se realizará a través del programa Excel y su interpretación y ubicación espacial estará encargada por la información alfanumérica del sistema de información geográfica.

### **3.8 Consideraciones éticas**

Para el desarrollo de la investigación; se tomó en cuenta el reglamento general de grados y título de la universidad Nacional Federico Villarreal y sus modificatorias a diciembre del 2019; los protocolos institucionales para la toma de la información documental, estadística o gráfica; la participación de operarios y trabajadores de la empresa así como los residentes y agricultores del distrito de Shipasbamba, estarán informados sobre el objetivo de la toma de la encuesta, respetándose las ideas, opiniones, que serán celosamente confidenciales, para el estricto uso de la investigación.

De otro lado, se tomó las citas de acuerdo a las normas APA 7ma Edic. 2020; sobre las citas de los autores enumerando sus nombres, apellidos, título, años de publicación y otros datos relevantes; o se hará la manipulación de datos históricos o actuales; no se incurrirá en plagios; adecuándose, en todo momento, a las disposiciones de las normas de grados y títulos, de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo, de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Proceso de generación de lodos y su contaminación al ambiente.

Los lodos que son obtenidos de la perforación se canalizan a las pozas de sedimentación y recirculación, donde son almacenados temporalmente, para separar lo líquido de lo sólido.

#### Figura 7

*Flujograma de control de fluidos de perforación*



Nota. Adaptado de Cañón Florida

El tratamiento de los lodos es de la siguiente forma:

- Se colocan paños que absorben los aceites y grasas, una vez saturados los paños se retiran y empaquetan adecuadamente para su disposición final.

- Los lodos reposan hasta que los sólidos en suspensión sedimenten, para luego extraer el agua limpia y encapsular los lodos para su disposición final, que en esta vez de acuerdo a la investigación se le va a dar una utilidad en la siembra del rabanito.
- Las aguas de las pozas de los lodos antes de ser derivadas al ambiente natural deberán ser evaluadas de acuerdo a su calidad y considerando la normativa de los límites máximos permisibles podrán ser desechadas al ambiente caso contrario seguirán procesos de descontaminación.

La contaminación de los lodos al ambiente son lo siguiente:

- Contaminación de quebradas y efluentes de agua de los líquidos provenientes de los lodos.
- Contaminación por aceite y carburantes.
- Contaminación sonora producto del proceso de perforación y la generación de los lodos.
- Contaminación de suelos por mala ubicación para su tratamiento final.
- Contaminación de aguas subterráneas por percolación.
- Alteración del paisaje y degradación del ambiente físico por la exposición de los lodos en el ambiente natural.

#### 4.2 Condiciones físicas y químicas de los lodos

En el análisis que se realizaron a los suelos (lodos) fueron a dos muestras con el Código BON-01 y BON-02, obteniendo los siguientes resultados:

<b>Producto declarado</b>	<b>Suelo</b>	<b>Suelo</b>
<b>Matriz analizada</b>	Suelo	Suelo
<b>Fecha de muestreo</b>	10/03/2021	10/03/2021
<b>Hora de Inicio de muestreo (h)</b>	09:36	09:40

Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada
Código del Cliente			BON-01	BON-02
Código del laboratorio			21030717	20130718
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados	
<b>Metales</b>				
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	0.68	0.63
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	6899.30	7011.80
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	22.90	23.50
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.20	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	546.20	511.30
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	1.75	1.80
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	10933.00	11850.50
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	2.97	2.88
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	54.90	55.40
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	5.14	5.49
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	37.52	42.91
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	25.90	29.10
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	18880.80	17914.80
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1
Potasio (K)	3.8	mg/kg	251.90	256.40
Litio (Li)	0.3	mg/kg	13.40	15.60
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	811.30	782.40
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	746.60	696.87
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	6.30	7.50
Sodio (Na)	2.2	mg/kg	736.10	635.30
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	16.91	18.38
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	860.00	870.70
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	142.92	145.77
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.90	2.20
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	44.70	46.70
Torio (Th)	0.2	mg/kg	2.00	2.00
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	36.58	32.82
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Uranio (U)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	26.71	26.81
Wolframio (W)/tungsteno	0.2	mg/kg	8.60	<0.2
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	179.40	185.90

L.D.M.: Límite de detección del método

Resultados de suelo reportados en base seca.

#### **4.2.1 Suelos Lithic Udorthens**

En el área de estudio se ubica este tipo de suelo, que se encuentra mayormente en laderas de Colinas altas fuertemente disectada, relieve muy accidentado, con pendientes moderadamente empinadas y extremadamente empinadas. Se distribuyen muy localmente, en áreas aledañas al río Salvación. y de drenaje bueno a moderado. Presentan perfiles sin desarrollo genético incipiente, tipo ACR; sin horizonte; muy superficiales, limitados por conglomerados y cantos rodados; de color pardo oscuro; de textura gruesa.

Químicamente, presentan una baja saturación de bases, contenidos altos de material orgánica, y bajos de fosforo y potasio disponible, respectivamente. La fertilidad natural de los suelos es baja, siendo su limitación principal su profundidad efectiva y su pendiente. Sus limitaciones están relacionadas con el factor suelo (muy superficial alto contenido de cantos rodados) y el factor topográfico, le asignan una aptitud de uso: de estas tierras son aptas para protección.

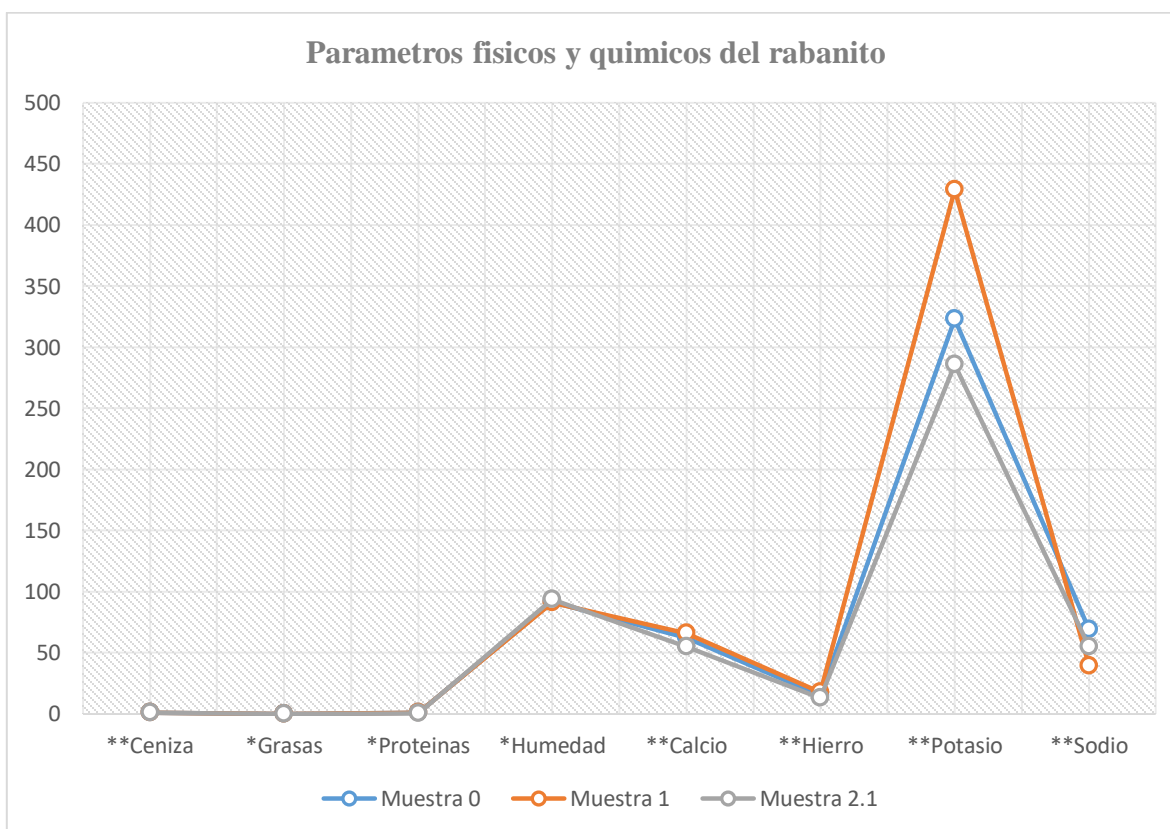
Según los resultados de los análisis a las muestras de lodos, se identificaron principales minerales que cumplen con las exigencias de los cultivos de rabanitos (ver siguiente sub capítulo), en este sentido es propicio indicar que las mezclas de los suelos Lithic Udorthens y los lodos producto de los trabajos de minería completan los componentes que los suelos necesitan para el cultivo del rabanito.

### 4.3 Utilidad de los lodos, como fertilizante del rabanito

Los lodos fueron puestos a prueba en la siembra del rabanito, para ello se utilizaron tres tipos de muestra como lo señala el capítulo de procedimientos obteniendo los siguientes resultados:

#### Figura 8

Resultados de la prueba de las tres muestras de rabanito muestra 0, muestra 1 y muestra 2.1



Nota. \*En %

\*\*en mg/100 g

De acuerdo a los resultados de laboratorio podemos identificar las diferencias de las tres muestras, manifestando lo siguiente:

**Cenizas.** La determinación de cenizas es referida como el análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la ignición u oxidación completa de la materia orgánica de un alimento, en ese sentido la muestra 1 (mezcla de tierra orgánica con lodos 1:1), hay

mayor ceniza, 1.16, mientras que en la muestra 2.1 (mezcla de 2 proporciones de tierra orgánica con una de lodo), muestra menor cenizas 0.85 mg/100 g, esto quiere decir que hay mayor alimento en la especie.

**Grasas.** Esta sustancia es esencial en los alimentos, es de suma importancia en el organismo humano ya que actúa como un regulador de la temperatura corporal y la protección de los órganos, actúa como un combustible que aporta energía y ayuda a absorber las vitaminas liposolubles como A, D, E y K. En las muestras 0 y 1 del rabanito resultaron bajo de 0.10, mientras que en la muestra 1 fue menor a 0.

**Proteínas.** Las proteínas en los rabanitos comúnmente se encuentran en 0.7 mg por cada 100 gramos, esta sustancia química que forma parte de la estructura de la membrana celular es un constituyente primordial de las células vivas y sus funciones biológicas principales es de actuar como un biocatalizador del metabolismo. En la muestra 0 (tierra orgánica testigo) se identificó mayor proteína, mientras que en la muestra 2.1 fue la más baja 0.72%.

**Calcio.** Es un mineral esencial para mantener los huesos y dientes del cuerpo humano, comúnmente se encuentra en el rabanito 0.25 mg por cada 100 gramos. En la muestra 1 se identificó mayor calcio 66 mg/100 g, mientras que en la muestra 2.1 fue la más baja 55 mg/100 g.

**Hierro,** El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales. Tiene gran influencia en el ciclo de los fosfatos, lo que hace que su importancia sea muy grande desde el punto de vista biológico. Los resultados

muestran que la muestra 1 se encontró mayor hierro 18 mg/100 g, mientras que la muestra 2.1 fue la más baja 13 mg/100 g.

**Potasio.** Es un mineral que cumple diversas funciones metabólicas en el organismo humano, el buen funcionamiento del sistema endocrino, cardiaco y muscular dependen de las sustancias de potasio en el organismo, así como el sistema nervioso, comúnmente se encuentra 233 mg por cada 100 gramos de rabanito. En los resultados se obtuvo que la muestra 1 tiene la mayor cantidad de potasio 429 mg/100 g, mientras que la muestra 2.1, obtuvo la menor cantidad 286 mg/100 g de rabanito.

**Sodio.** Es un nutriente primordial del cuerpo humano, el cual lo necesita en pequeñas cantidades, nuestro organismo lo necesita para mantener los fluidos corporales en equilibrio, así como el sistema muscular y nervioso funcionando correctamente. El sodio comúnmente se encuentra 39 mg cada 100 gramos de rabanito. En los resultados se obtuvo que la muestra 0 obtuvo la mayor cantidad de sodio 69 mg/100 g, mientras que la muestra 1 obtuvo la más baja 39 mg/100 g, siendo algo más saludable.

### **Valor nutricional de los rabanitos**

El rabanito que pertenece a las hortalizas es un alimento reconocido para ensaladas, según Eco agricultor se manifiesta que de cada 100 gramos de rabanito se tiene el siguiente:

- 16 calorías
- 3.5 gramos de carbohidratos
- 1.6 de fibras
- 0.7 gramos de proteína vegetal
- 0.1 gramos de grasas



En cuanto a las vitaminas se manifiesta que el rabanito contiene lo siguiente:

- Vitamina C
- Colina, que es un neurotransmisor.
- Niacina o B3
- Ácido pantoténico
- Bataína
- Piridoxima o B6
- Folatos o ácido fólico o B9
- Vitamina K
- Vitamina A

El rabanito contiene compuestos minerales siendo los siguientes:

- Potasio
- Sodio
- Calcio
- Fosforo
- Magnesio
- Zinc
- Hierro
- Manganeso
- Cobre
- Flúor
- Selenio

### 4.3.1 Resultados del instrumento de investigación

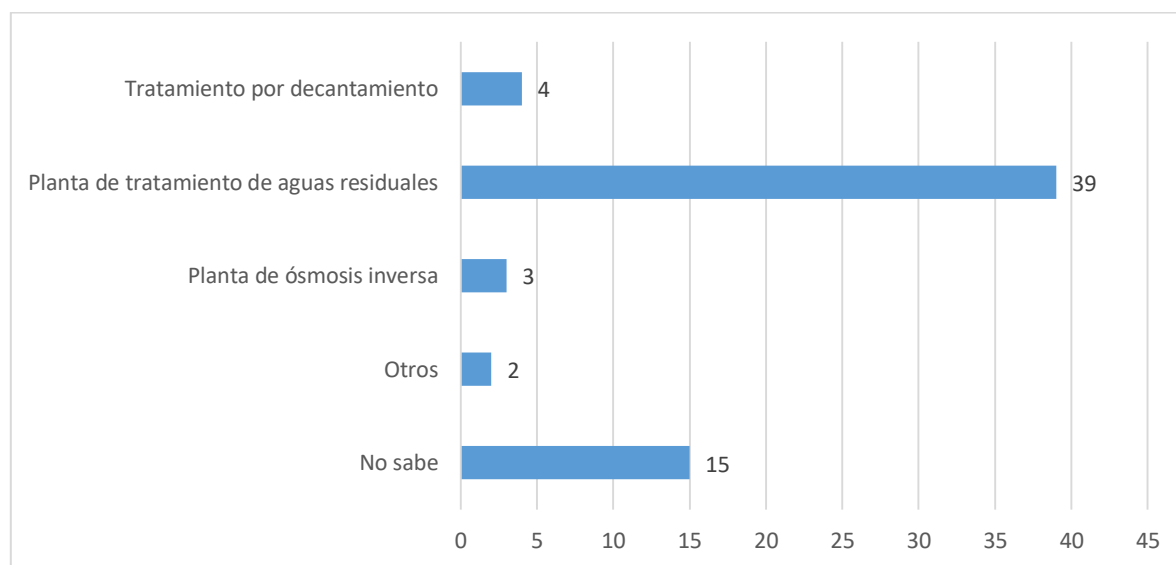
El instrumento de investigación consistió en 10 preguntas que se hizo a los trabajadores de la empresa minera y a pobladores aledaños al área de investigación, a continuación, se muestran los resultados obtenidos por cada pregunta.

#### 4.3.1.1 Usted conoce los diferentes tratamientos de agua para posterior uso del riego de cultivos.

Esta pregunta sobre el tratamiento de agua para riego los encuestados respondieron en 61.9% conocer las plantas de tratamientos de aguas residuales y un 23.8% manifestó no conocer algún otro tipo de tecnología.

#### Figura 9

*Conoce los diferentes tratamientos de agua para posterior uso del riego de cultivos*



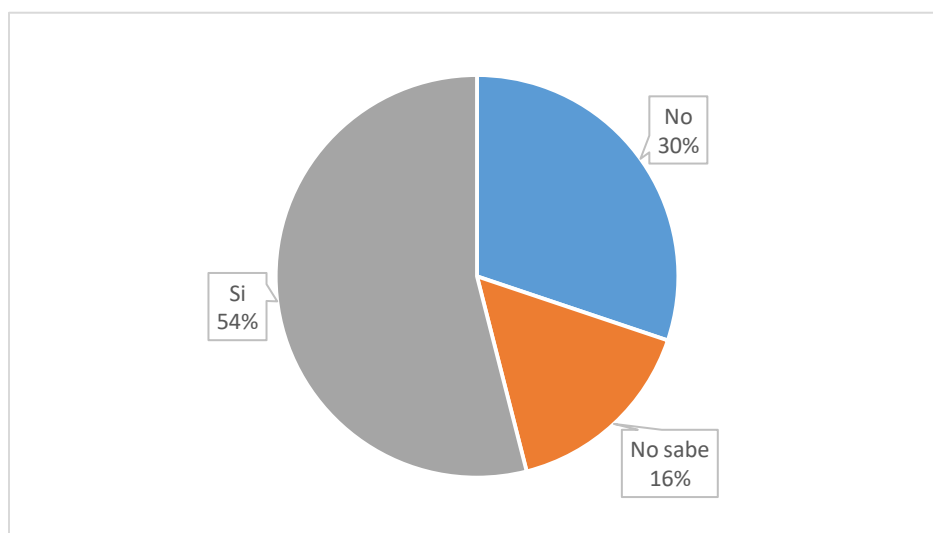
#### 4.3.1.2 Usted consumiría alimentos provenientes de riego de aguas por tratamientos

Habitualmente en las instalaciones mineras se siembran ciertos productos alimenticios con el fin de ahorrar económicamente los gastos por alimentación y concientizar que no toda actividad minera es perjudicial para el ambiente, en ese sentido las personas

respondieron que el 54% si comería productos alimenticios con aguas tratadas y un 30.2% que no lo haría.

**Figura 10**

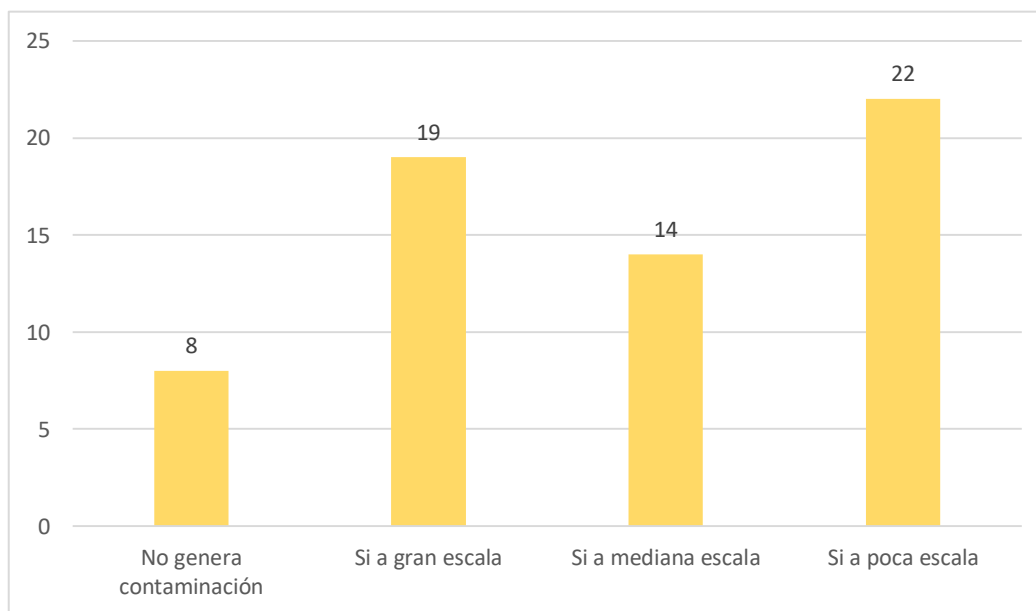
*Consumiría alimentos provenientes de regado de aguas por tratamientos*



#### 4.3.1.3 Cree que la exploración minera genera contaminación ambiental.

**Figura 11**

Cree que la exploración minera genera contaminación ambiental



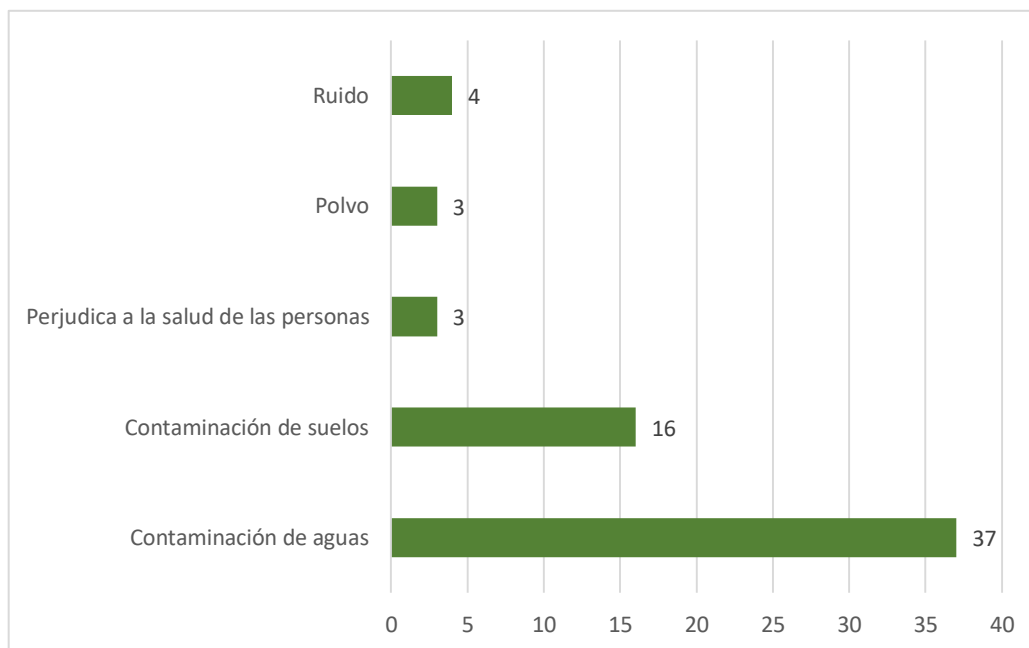
A esta pregunta los encuestados respondieron en un 34.9% que la exploración minera es a poca escala y el 30.2% lo hace a gran escala, aquí los encuestados varían sus opiniones drásticamente y no distan mucho de tener diferencias iguales.

#### **4.3.1.4 Cuál de los procesos de la exploración minera cree usted que perjudica al medio ambiente.**

De los encuestados respondieron el 58.7% que la exploración minera perjudica al ambiente con la contaminación de aguas y el 25.4% lo hace con la contaminación de suelos, si adicionamos ambos resultados estamos sobre un 84% que cree que esta actividad contamina los recursos naturales.

#### **Figura 12**

*Cuál de los procesos de la exploración minera cree usted que perjudica al medio ambiente*



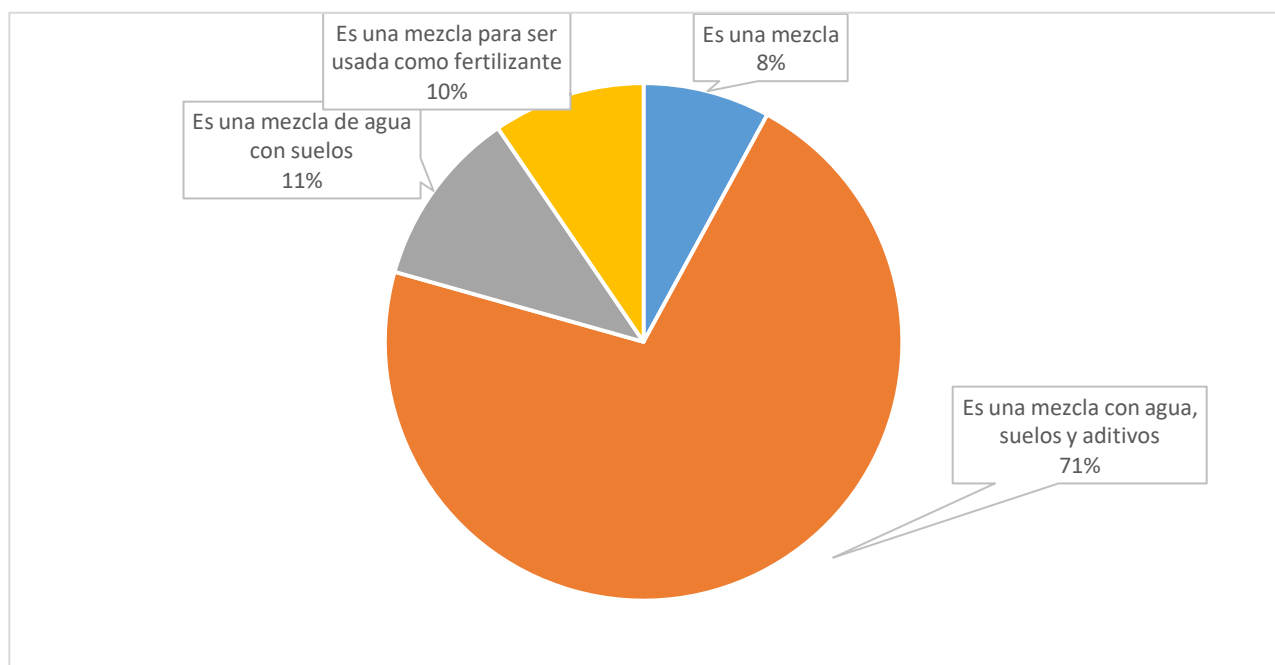
#### 4.3.1.5 Sabe usted que son los lodos de perforación

En esta pregunta que apunta al conocimiento de los encuestados se obtuvo que el 71.4% respondió que se trata de una mezcla de agua, con aditivos y suelos, mientras que el 11.1% respondió que es una mezcla de agua con suelos.

Aquí es importante dar a conocer que dentro de las alternativas se consideró si los lodos pueden ser fertilizantes y un 9.5% respondió que si, al parecer no hay un temor extremo de la población en el uso de los lodos de perforación minera.

#### Figura 13

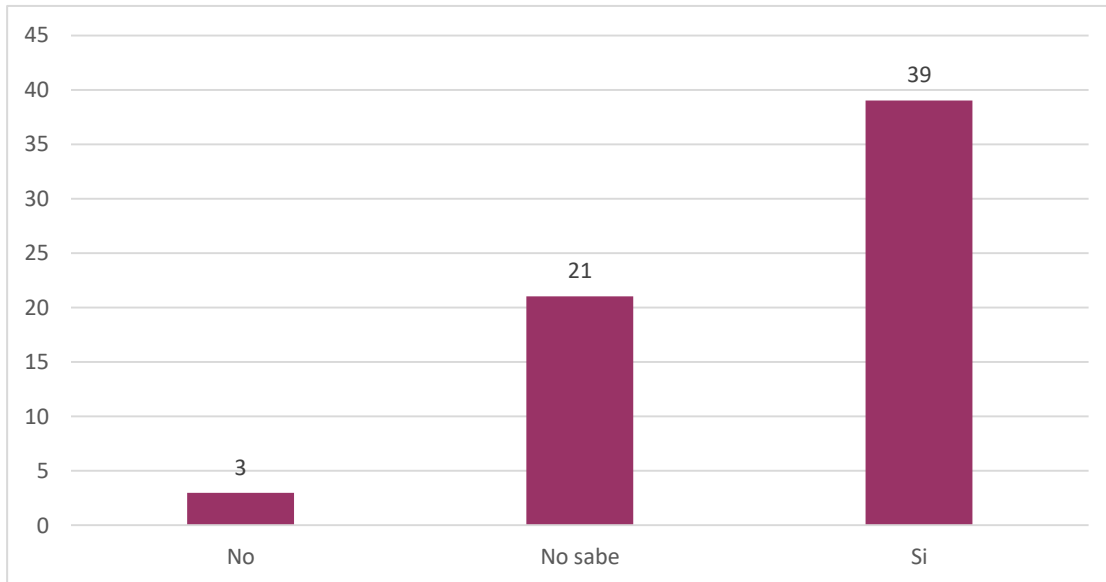
*Sabe usted que son los lodos de perforación*



#### 4.3.1.6 Cree Usted que los lodos pueden ser utilizados de forma benéfica

#### Figura 14

*Cree Usted que los lodos pueden ser utilizados de forma benéfica*

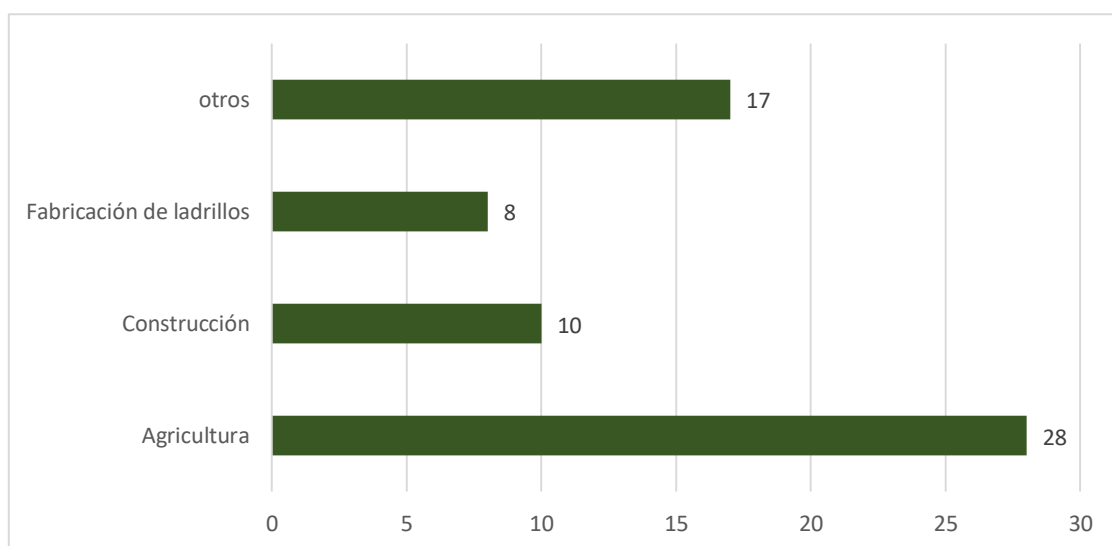


De los encuestados a esta pregunta si los lodos pueden ser usados de manera favorable o en un beneficio el 61.9% respondió que sí, y un 33.3% manifestó que no sabe, dando la posibilidad de dar un uso a los lodos.

#### 4.3.1.7 Cree Usted que los lodos de perforación pueden ser usados para:

**Figura 15**

*Cree Usted que los lodos de perforación pueden ser usados para*

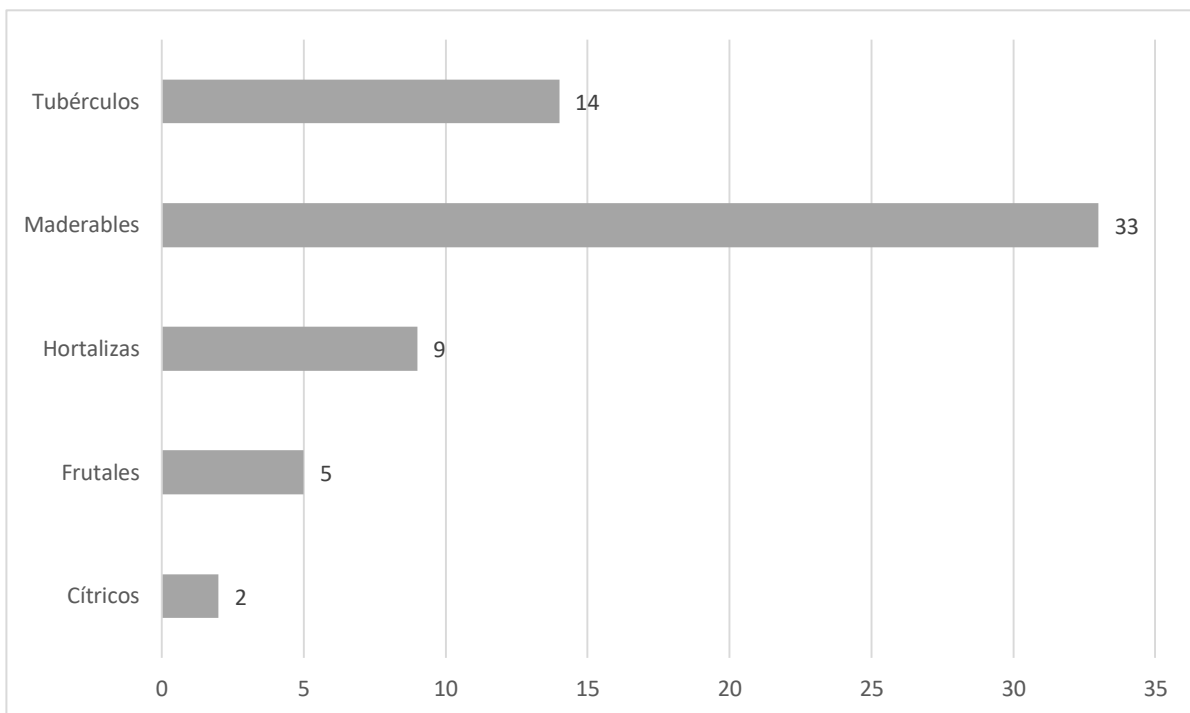


A esta pregunta del uso de los lodos, los encuestados respondieron el 44.4% que sería utilizado en la agricultura y un 27% en otras utilidades, no especificando exactamente en qué.

#### 4.3.1.8 Usaría usted los lodos de perforación como fertilizantes para algún tipo de cultivo

**Figura 16**

*Usaría usted los lodos de perforación como fertilizantes para algún tipo de cultivo*

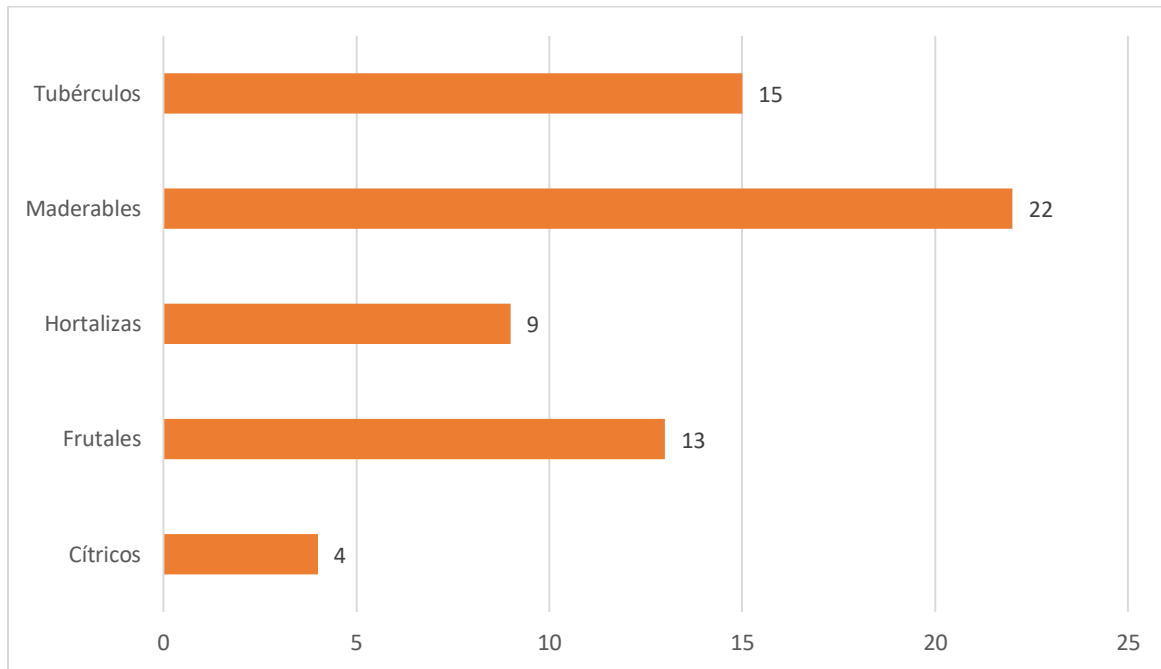


A la pregunta del uso de los lodos en algún tipo de cultivo los encuestados en un 52.4% respondió que sería cultivos maderables considerando en la posible contaminación que puedan generar estos a los productos alimenticios, y un 22.2% respondió que podrían ser usados en cultivos de tubérculos y un 14.3% en hortalizas y un 7.9% en cultivos frutales, si se adicionan están respuestas estaríamos considerando que 47.6% estaría de acuerdo en utilizar los lodos en productos alimenticios.

**4.3.1.9 Si se le demuestra que los lodos producto de la actividad minera no son contaminantes Usted los usaría como fertilizante en:**

**Figura 17**

*Si se le demuestra que los lodos producto de la actividad minera no son contaminantes Usted los usaría como fertilizante*



Al preguntar a los encuestados, que, si mediante estudios se demuestra que los lodos no son contaminantes, se usarían en algún tipo de producto agrícola, manifestaron el 34.9% en productos maderables, mientras que el 65.1% si lo utilizaría en cultivos de cítricos, frutales, hortalizas y tubérculos.

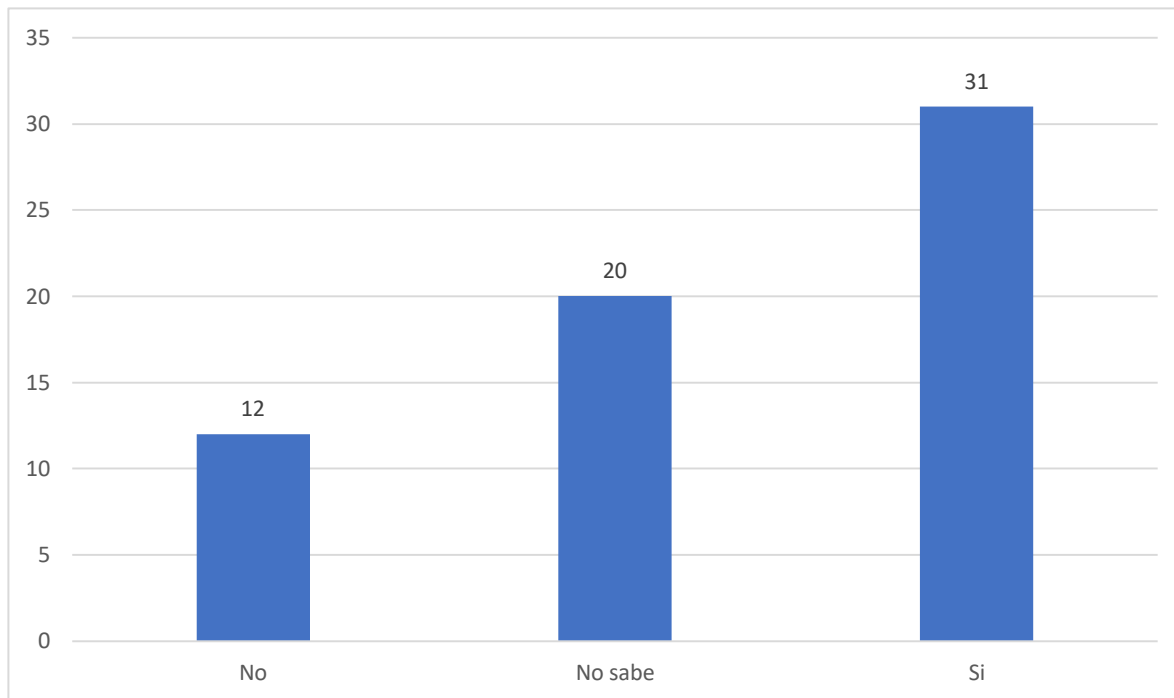
**4.3.1.10 Consumiría Usted productos alimenticios que son provenientes del uso de lodos**

A la pregunta a los encuestados si comerían productos alimenticios provenientes de cultivos con lodos, se obtuvo que el 49.2% si lo haría, un 31.7% no sabe y el 19% manifestó que no.



**Figura 18**

*Consumiría Usted productos alimenticios que son provenientes del uso de lodos*



## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según la investigación de Ticlla, realizo un estudio basado en el proceso de compostaje para evaluar la biodegradación de compuestos orgánicos que se encuentran en los lodos, considerando hidrocarburos F3, materia orgánica, solidos disueltos totales en un periodo de 92 días, sus resultados fueron satisfactorios indicando que la biodegradación en los hidrocarburos F3 fue satisfactoria, en la presente investigación se aplicó un alimento nutricional y de importancia en la agricultura y dieta alimenticia de la población, se usaron tres tipos de muestras para los análisis y el tiempo de 40 días obteniendo los resultados que la mezcla de tierra y lodo en proporciones iguales han dado resultados satisfactorios en los indicadores químicos que componen el rabanito.

Según la investigación de Calderon de la Cruz, sobre las características de lodos residuales producto de las plantas de tratamientos de aguas residuales de SEDAPAL, mediante análisis comparativo en el marco internacional, considerando su composición fisicoquímica y biológica y su utilidad como un agente de mejora de suelos, resultado que fueron aptos clasificándose en las categorías A y B. En la presente investigación no se usa lodos contaminados con excretas, los lodos de la investigación son producto de la perforación de diamantina en la corteza terrestre y mezclados con suelo orgánico y utilizados en la siembra del rabanito, en las pruebas de laboratorio no se obtuvieron resultados negativos en la muestra 1.

En la investigación de Ashqui y Cedeño en la ciudad de Palo Quemado de la provincia de Cotopaxi en el Ecuador sobre el aprovechamiento de los lodos producto de la actividad minera con el propósito de elaborar compost, fue establecer una dosis adecuada de los lodos para cultivos cortos, sus resultados de acuerdo a sus objetivos indicaron que los parámetros

químicos del lodo no excedieron los criterios de remediación y/o restauración para su uso agrícola entre otros usos. Esta investigación refuerza la presente investigación que el uso de los lodos producto de la actividad minera para actividades agrícolas no es perjudicial, además los ensayos realizados al suelo y al rabanito no señalan o indican alteraciones al medio natural y a la salud humana.

## VI. CONCLUSIONES

- La efectividad de los lodos como fertilizantes en la especie *Raphanus sativus* conocido comúnmente como rabanito, fueron óptimas en la muestra 1, obteniendo mejores resultados con respecto a sus propiedades químicas las cuales están relacionadas a sustancias requeridas por el organismo humano como son el potasio, el calcio y el hierro.
- El proceso de la generación de lodos y su contaminación al medio natural fueron explicados con detalle en el procedimiento, sin embargo, podemos manifestar que esta generación es producto de la perforación a las capas de la corteza terrestre, utilizando agua y aditivos en la diamantina, este flujo obtenido, es almacenado en costales y apilados de tal manera que no generen contaminación por escorrentía y percolación; respecto a la contaminación se trataría de agua combinada con los sedimentos de las capas del suelo, las reacciones químicas y físicas que se originan son las naturales no identificándose contaminación por el uso de elementos externos (sustancias químicas) en esta actividad.
- El resultado de las condiciones físicas y químicas del suelo, se determinaron por análisis de laboratorio, obteniéndose que los principales componentes minerales como Calcio, Cobre, Hierro, Potasio, Magnesio, Sodio, Fósforo, Selenio y Zinc han sido encontrados en las muestras de lodos, a la vez se identifican que el tipo de suelo en el área de la investigación es de tipo Lithic Udorthens, el cual presenta perfiles sin desarrollo genético, bajo en fósforo y potasio siendo aptas para protección, sin embargo la mezcla de estos suelos y los lodos le darían los componentes necesarios para ser utilizados como suelos cultivables en hortalizas y otros productos.
- La utilidad del lodo como fertilizante en la especie de rabanito, fue obtenida mediante la siembra de la especie rabanito en tres tipos de muestras, la muestra 0, llamada así por ser la

testigo, mejor dicha tierra orgánica agrícola, la muestra 1, fue producto de la combinación de lodos y tierra orgánica en las proporciones de 1 a 1, mientras que la muestra 2,1 fue obtenida de la mezcla de dos proporciones de suelo y una de lodo, luego del análisis de laboratorio se obtuvo que la muestra 1, muestra mejores condiciones químicas con respecto a los compuestos que componen el rabanito como Calcio, hierro y potasio, que según las investigaciones de estas sustancia causan beneficios importantes a la salud humana, tal como se ha descrito en los resultados de la presente investigación. Del instrumento utilizado en la investigación que fue la encuesta según los resultados se llega a concluir que el 49.2% de los encuestados si estarían dispuestos a consumir productos alimenticios productos del uso de lodos en sus cultivos.

## VII. RECOMENDACIONES

- Al ser una investigación pionera sobre lodos producto de la actividad minera (perforación por diamantina) es importante seguir haciendo investigaciones sobre la efectividad en otros productos orgánicos que son de mayor necesidad en la canasta familiar y poder dar uso relevante a los lodos que terminan en depósitos de relaves.
- Con respecto a la generación de lodos se recomienda seguir contando con los protocolos de bioseguridad, en el tema de no generar contaminación al medio natural, la impermeabilidad del suelo asegura la contaminación por percolación y escorrentía, esta contaminación se trataría respectivamente de la solución de agua con sedimentos del suelo, la cual no causa cambios significativos a la composición de los suelos.
- Con respecto a las condiciones físicas y químicas del suelo se recomienda dar a conocer estos resultados a la Junta de Usuarios de Agua y a las Asociaciones de Agricultores para difundir los complementos físicos y químicos que les darían los lodos a los suelos Lithic Udorthens, los cuales se encuentran en la localidad del área de estudio, y que según su descripción son suelos aptos para la conservación y no tanto para la agricultura.
- Con respecto a la utilidad del lodo como fertilizante, se recomienda seguir haciendo pruebas en otras unidades mineras y con otros productos orgánicos, debemos tener en cuenta que las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo es un factor importante en la mezcla que se obtuvo en la muestra 1, y por ello la significación de las sustancias químicas propias del producto en beneficio de la salud humana, estas propiedades podrían variar siempre y cuando exista cambios en las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo por ello su importancia en seguir haciendo los monitoreos respectivos considerando otras unidades de producción. Así mismo es importante considerar los

instrumentos de investigación como la encuesta para seguir teniendo una percepción del uso y consumo de alimentos con uso de lodos de perforación minera.

## VIII. REFERENCIAS

- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo. 011-2017- MINAM. (2 de diciembre del 2017). Congreso de la Republica del Perú. <https://n9.cl/uzgj2>
- Avila, L. (2014). *Dosis de fertilizante con microorganismos benéficos (Ferti Em) en el cultivo de rabanito (Raphanus sativus L.) en la provincia de Lamas.*[Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Martín. <https://n9.cl/gww8o>
- Banco Central de Ecuador [BCE]. (2016). *Reporte de minería.* <https://contenido.bce.fin.ec>
- Brady y Weil. (s.f.). *Edafología- Generalidades.*
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), pp.117-124. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a11.pdf>
- Casares, E. (1981). *Producción de hortalizas.* Tercera edición.
- Castilla, J., y Herrera, J. (2012). *El Proceso de Exploración Minera mediante sondeos.* Universidad Politécnica de Madrid. <https://n9.cl/ezc1v>
- Delgado, G. e Hinijsa, G. (2016). *Medio ambiente en perforaciones.* <https://n9.cl/okcm0>
- Diaz, M. (2018). Ecuaciones y cálculos para el tratamiento de aguas. *Paraninfo universidad.* <https://n9.cl/ftawh>
- Gómez, L. (2011). *Evaluación del cultivo de rábano (Raphanus sativus L.) bajo diferentes condiciones de fertilización orgánica e inorgánica* [Tesis de pregrado, Universidad



- Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio Institucional UAAAN.  
<https://n9.cl/3zhaa>
- Guerrero, R. (s.f.). Manual técnico: Propiedades generales de los fertilizantes. *Monómeros*.  
<http://www.monmeros.com/descargas/dpmanualfertilizacion.pdf>
- Huanqui, A. (2018). *Aprovechamiento de biosólidos provenientes de una planta de tratamiento de agua residual en una unidad operativa minera- 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional de la UCSM. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8126>
- Laguna, M. y Cisne, C. (2001). Efecto de Biofertilizante (EM-BOSKASHI) sobre el crecimiento y rendimiento del Rabano (*Raphanus sativus*). *Revista la calera*, 1(1), pp. 26-29. <https://repositorio.una.edu.ni/2213/>
- Lopez, G. y Cristhiam, G. (2020). *Evaluación de tres fertilizantes orgánicos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.) en el Centro en el Centro Experimental La Merced UNA, 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM.  
<https://repositorio.una.edu.ni/4213/>
- López-Falcón, R. (2002). Degradación del suelo. Causas, procesos evaluación e investigación. *CIDIAT*. <https://n9.cl/6c9mdc>
- Ministerio de Energía y Minas [MINEM]. (2020, febrero 12). *Perú entre los primeros lugares del ranking mundial de producción y reservas mineras*. Gobierno del Perú.  
<https://n9.cl/i9owxc>

Ministerio Nacional del Ambiente [MINAM]. (2014). *R.M. N°085-2014-MINAM: Guía para el Muestreo de Suelos. MINAM.* <https://n9.cl/3s9pp>

Onofre, E. (2018). *Propuesta técnica de gestión ambiental sostenible para el aprovechamiento de lodos que provienen de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en campamentos mineros del Perú.* [Tesis de posgrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13374>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2015). *El suelo es un recurso no renovable.* <http://www.fao.org/3/a-i4373s.pdf>

Ortega, M. y Ordovás, J. (2011). *Aprovechamiento de los lodos residuales de la industria del mármol como componente de sustratos de especies para fitorremediación* [Jornada]. Comunicación en congreso. X Jornadas del Grupo de Sustratos de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. <https://n9.cl/0a0qe>

Pachas, D. (2015). La exploración Minera en el Perú: Un breve alcance sobre las principales autorizaciones para el desarrollo de un proyecto de exploración en el Perú. *Revista Derecho & Sociedad*, 42(1-2).

Porta, J., López-Acevedo, M., y Poch, R. (2014). *Edafología uso y protección de suelos* (4° edición). Mundi-Prensa.

Prieto Méndez, J., González Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., y Prieto García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), pp. 29-44. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>

Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades de Exploración Minera D.S. N° 042-2017-EM (22 de diciembre del 2017). Congreso de la Republica.

<https://n9.cl/vhzcd>

Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. y Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. FAO. <https://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

Rosales, A. (2004). *Respuestas del rábano (Raphanus sativus L.), a densidades de siembras y aplicación de sustancias fúlvicas (K- tonic) y húmicas (Humiplex std)*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio Institucional UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4503>

Rueda, P. (2008). *Alternativa de aprovechamiento de lodos generados en las actividades de exploración minera por parte de la compañía CVS exploración LTDA*. [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Institucional UPB. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/713>

Tenorio, M.(2015). *Tratamiento de lodos de perforación mediante el Sistema de Tubos de Geotextil Tejido (Polipropileno) en el Proyecto de Exploración Minera Hilarión, distrito de Huallanca, región Ancash, 2015*. [Tesis de pregrado, Universidad Jose Carlos Mariátegui]. Repositorio Institucional UJCM. <https://n9.cl/ealr4>

Ticlla, J. (2021). *Biodegradación de compuestos orgánicos presentes en lodos de perforación diamantina mediante el proceso de compostaje*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/4995>

**IX. ANEXOS**

Anexo A. Galería de fotos.

**Figura 19**

*Sembrado de rabanito en las muestras, la muestra 2 solo es bentonita*



**Figura 20**

*Seguimiento al crecimiento de los rabanitos, la muestra de suelo orgánico el crecimiento es más lento*



**Figura 21**

*Seguimiento al crecimiento de rabanito, la muestra 1 tiende a crecer más rápido en comparación de las otras dos, siendo la muestra 0 de suelo orgánico más lento*

**Figura 22**

*Muestra 1 maduración más rápida, hojas amarillas*



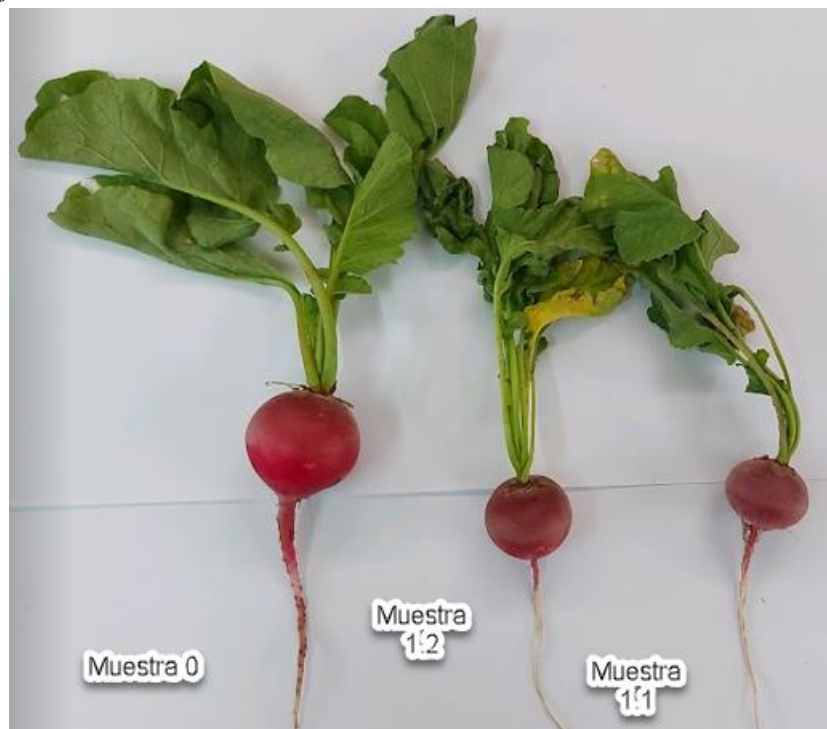
**Figura 23***Rabanito de la muestra 0***Figura 24***Rabanito de la muestra 1.1***Figura 25***Rabanito de la muestra 1.2*

**Figura 26**

*Muestra de Rabanito con picadura de insectos (de izquierda a derecha muestra 0 con mayor picadura de insectos, muestra 1.2 con menor picadura y muestra 1.1 sin picadura de insectos)*

**Figura 27**

*Muestra con fruto del rabanito*



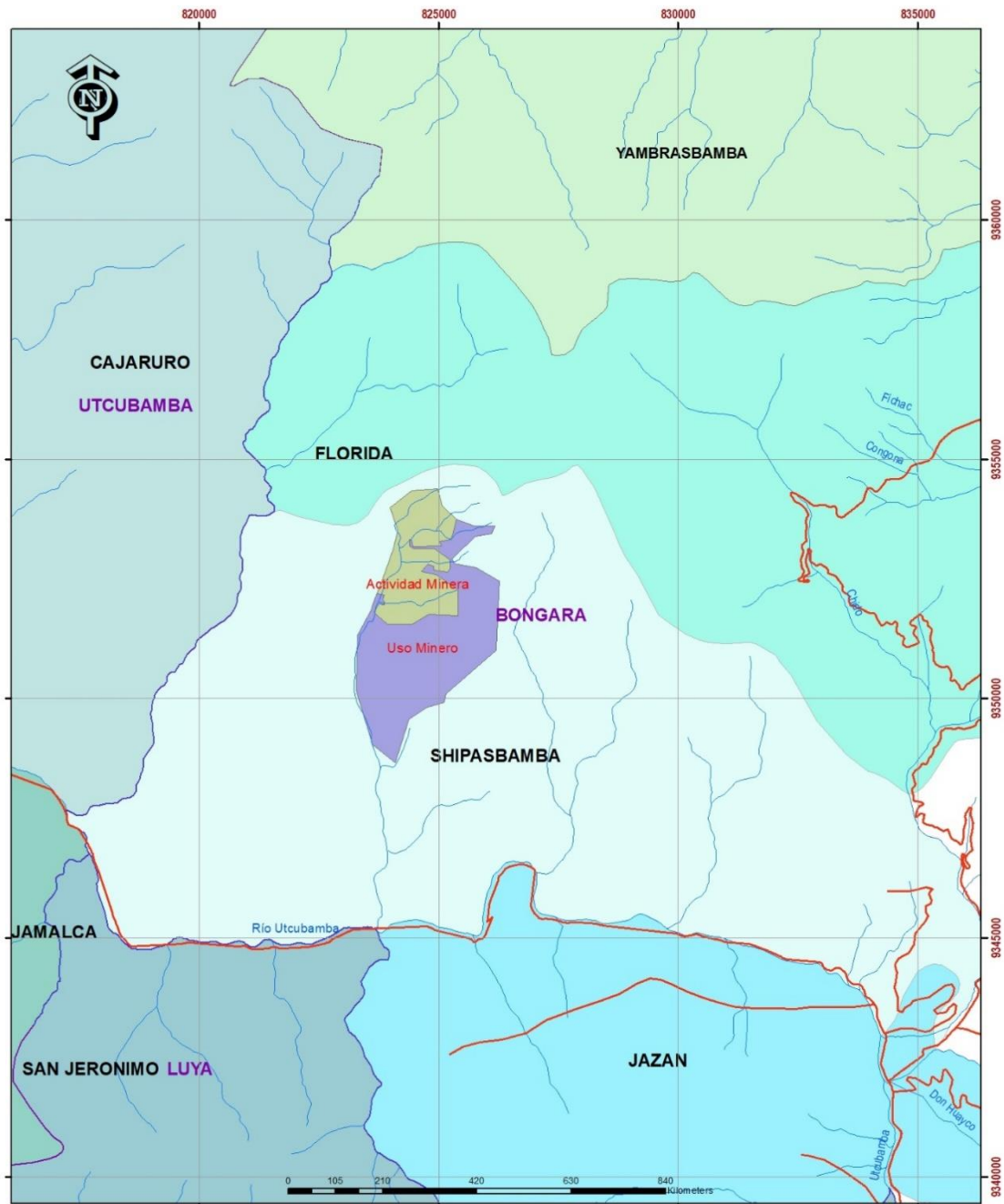


**Figura 28**

*Análisis de las muestras por la tesista Bach. Vanesa Aguilar*



Anexo B. Mapa Base



**LEYENDA**

Red Vial	<b>Distritos</b>
Red Hidrica	CAJARURO
12g-rios	FLORIDA
Limite Provincial	JAMALCA
<b>Area de Estudio</b>	JAZAN
Actividad Minera	SAN JERONIMO
Uso Minero	SHIPASBAMBA
	YAMBRASBAMBA



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
 ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL

**EFFECTIVIDAD DE LODOS COMO FERTILIZANTE DE LA ESPECIE RAPHANUS SATIVUS EN LA PERFORACION DEL PROYECTO DE EXPLORACION CAÑON FLORIDA, AMAZONAS 2021**

**MAPA DE UBICACION DEL AMBITO DE ESTUDIO**

Asesor:	Revisado por:	Mapa N° <b>01</b>
Escala: <b>1:75,000</b>	Elaborado por: <b>Bach. Vanesa Mercedes Aguilar Mas</b>	
Fecha: Diciembre 2021	Fuente: IGN, MUNICIPALIDAD DE SHIPASBAMBA NEL. PROY. EXPLORACION CAÑON FLORIDA	

## Anexo C. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema Principal</b> ¿Cuál será la efectividad de los lodos como fertilizante en la especie <i>Raphanus sativus</i>, de la perforación del proyecto de exploración Cañón Florida, Amazonas – 2021?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Determinar la efectividad de los lodos como fertilizante de la especie <i>Raphanus sativus</i>, de la perforación del proyecto de exploración Cañón Florida, Amazonas – 2021.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> La efectividad del lodo de la perforación del proyecto de exploración Cañón Florida, es un alto fertilizante de la especie rabanito (<i>Raphanus sativus</i>).</p>	<p><b>1. Independiente</b> Efectividad de los lodos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producción de lodos por día.</li> <li>- Numero de chanchas por día</li> <li>- Kg/día.</li> <li>- Tratamientos de agua.</li> <li>- Percepción de la contaminación por lodos.</li> <li>- Procesos de exploración minera.</li> <li>- Análisis de laboratorio.</li> <li>- Consumo de alimentos provenientes del uso de lodos.</li> <li>- Uso de lodos para la agricultura.</li> <li>- Uso de los lodos como fertilizantes</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación.</b> La investigación se desarrolla en el marco no experimental en un solo tiempo por ello es transversal y al no manipular las variables es de tipo descriptiva</p>
<p><b>Problema específico</b> - ¿Cuál es el proceso de la generación de lodos y su contaminación al ambiente, producidos por la perforación diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida de Nexa Resources Perú,</p>	<p><b>Objetivos específicos</b> - Describir el proceso de la generación de lodos y su contaminación al ambiente, generados por la perforación diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida de Nexa Resources Perú.</p>		<p><b>2. Dependiente</b> Fertilizante de la especie <i>Raphanus Sativus</i></p>		

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Amazonas – 2021?</b></p> <p>- <b>¿Cuáles son las condiciones físicas y químicas de los lodos producto de la perforación diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida de Nexa Resources Perú, Amazonas – 2021?</b></p>	<p>- Determinar las condiciones físicas y químicas de los lodos producto de la perforación diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida de Nexa Resources Perú, con el fin de plantear su remediación.</p>				
<p>- <b>¿Cómo podrá ser utilizado los lodos generados por la perforación de diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida de Nexa Resources Perú, Amazonas – 2021?</b></p>	<p>- Determinar la utilidad de los lodos producto de la perforación diamantina del proyecto de exploración Cañón Florida, como fertilizantes de la especie rabanito (<i>Raphanus sativus</i>).</p>				

